



Ekonomická  
fakulta  
Faculty  
of Economics

Jihočeská univerzita  
v Českých Budějovicích  
University of South Bohemia  
in České Budějovice

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích  
Ekonomická fakulta  
Katedra řízení

Bakalářská práce

# Autonomní elektrická vozidla a budoucnost mobility

Vypracovala: Kim Hoangová  
Vedoucí práce: prof. Ing. Drahoš Vaněček, CSc.

České Budějovice 2019

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH  
Ekonomická fakulta  
Akademický rok: 2017/2018

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Kim HOANGOVÁ**  
Osobní číslo: **E16880**  
Studijní program: **B6208 Ekonomika a management**  
Studijní obor: **Obchodní podnikání**  
Název tématu: **Autonomní elektrická vozidla a budoucnost mobility**  
Zadávací katedra: **Katedra řízení**

### Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

#### Cíl práce:

Zaměřit se na předpokládané kladné i záporné stránky očekávaného přechodu na elektrická autonomní vozidla a odhadnout jejich společenský dopad.

#### Metodika práce:

Opřít se o dosavadní výzkumy a vysvětlit, proč budoucnost dopravy spočívá v autonomních elektrických vozidlech. Zaměřit se na: 1. cenu a úspory, 2. bezpečnost, 3. ekologii a znečišťování životního prostředí.

#### Rámcová osnova:

1. Úvod: hledání optimálního stavu dopravy pro budoucnost.
2. Literární přehled 2.1. Rozvoj a dosavadní způsoby dopravy, 2.2. Bariéry dalšího rozvoje (externality), 2.3. Pohledy do budoucna.
3. Cíl a metodika práce.
4. Vlastní práce - požadavky budoucího vývoje: 4.1. Ekologie a udržování životního prostředí, 4.2. Zvýšení bezpečnosti, 4.3. Náklady - úspory. Budoucnost automobilového průmyslu.
5. Závěr.
6. Literatura.
7. Přílohy (dle potřeby).

Rozsah grafických prací: **dle potřeby**

Rozsah pracovní zprávy: **40-50 stran**

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**

Seznam odborné literatury:

Noami, K. (2013). *Autonomous Control Systems and Vehicles*. Berlín: Springer.

Tariq, M. (2017). *Electric vehicles*. Edinburgh: Elsevier.

Vaněček, D., Friebel, L., & Štípek, V. (2010). *Operační management*. České Budějovice: Ekonomická fakulta Jihočeská univerzita.


Vaněček, D. (2013). *Štíhlá výroba*. České Budějovice: Ekonomická fakulta Jihočeská univerzita.

Zak, A. (2016). *Autonomous Vehicles in Tech*. Waršava: Tech.


Vedoucí bakalářské práce: **prof. Ing. Drahoš Vaněček, CSc.**  
Katedra řízení

Datum zadání bakalářské práce: **2. ledna 2018**

Termín odevzdání bakalářské práce: **13. dubna 2019**

  
doc. Ing. Ladislav Rolínek, Ph.D.  
děkan

JIHOČESKÁ UNIVERZITA  
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH  
EKONOMICKÁ FAKULTA  
Studentská 19  
370 01 České Budějovice

  
doc. Ing. Petr Řehoř, Ph.D.  
vedoucí katedry

V Českých Budějovicích dne 2. února 2018

## Prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci jsem vypracovala samostatně a pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47 zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to - v nezkrácené podobě/v úpravě vzniklé vypuštěním vyznačených částí archivovaných Ekonomickou fakultou - elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním svého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu své kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Českých Budějovicích dne 12. 4. 2019

---

Kim Hoangová

## Poděkování

Děkuji svému vedoucímu práce panu prof. Ing. Drahošovi Vaněčkovi, CSc. za cenné rady, připomínky a vstřícnost během psaní závěrečné práce.

## Obsah

1. Úvod .....	7
2. Cíl a metodika práce.....	11
3. Přehled literatury .....	12
3.1. Historie vývoje elektrických vozidel.....	12
3.2. Historie vývoje autonomních vozidel .....	15
3.2.1. Kategorie členění automatizace podle NHTSA .....	17
3.3. Bariéry dalšího rozvoje .....	19
4. Vlastní práce.....	24
4.1. Ekologie a udržování životního prostředí .....	24
4.1.1. Porovnání emisí CO <sub>2</sub> u automobilu se zážehovým motorem a u elektromobilu.....	25
4.2. Náklady a úspory.....	29
4.2.1. Kalkulace celkových nákladů na automobil se zážehovým motorem a na elektromobil v České republice.....	32
Př. 1. Kalkulace výhodnosti vozů střední třídy .....	34
Př. 2. Kalkulace výhodnosti vozů luxusní třídy .....	37
4.3. Budoucnost automobilového průmyslu.....	40
4.3.1. Bezpečnost .....	41
4.3.2. Mobilita, pohodlí.....	42
4.3.3. Sdílená ekonomika .....	42
4.3.4. Plynulost provozu.....	43
4.3.5. Zabezpečení.....	45
5. Diskuze.....	46
6. Závěr.....	49
I. Summary .....	50
II. Seznam literatury.....	51
III. Seznam použitých zkratk.....	55
IV. Seznam obrázků, tabulek a grafů .....	56

## 1. Úvod

S nástupem čtvrté průmyslové revoluce<sup>1</sup> dochází k vysokému stupni automatizace a digitalizace ve všech úrovních výroby. Inteligentní zařízení postupně přebírají a automatizují výrobní procesy, sami se dokáží autodiagnostikovat, autokonfigurovat a jsou schopna podávat hlášení o problémech. Úlohou člověka je takové stroje pouze kontrolovat a případně ovládat přes internetovou síť. Nové technologie umožňují propojení lidí, strojů a zboží, virtuální svět postupně splývá se světem reálným. Robotizace jednoduchých a opakujících se činností, které byly dosud vykonávané lidmi, má za následek změny na pracovním trhu, kdy je zaměstnanců potřeba méně, ale s vyšší kvalifikací. Největší ztráty pracovních míst lze pozorovat ve zpracovatelském průmyslu, administrativních pozicích, sektoru zábavy či ve stavebnictví (Červený, 2016; Vaněček & Pech, 2018).

Nezadržitelný technologický vývoj, který s sebou čtvrtá průmyslová revoluce nese, se týká i automobilového průmyslu. Na automobilové koncerny je nakládán vysoký tlak z hlediska snižování emisí, zvyšování bezpečnosti, snižování nákladů. Tradiční automobily se spalovacím motorem začínají být nahrazovány ekologičtějšími variantami, které mohou být vybaveny inteligentním softwarem schopným vůz zpomalovat a zrychlovat, hledat si volné parkovací místo nebo vyhodnocovat jakou trasou a rychlostí má auto jet vzhledem k aktuálním podmínkám na silnici. Takový software má potenciál zajistit vyšší úsporu paliva než nejmodernější technologie spalovacích motorů (Vaněček & Pech, 2018).

Extrémně přísné limity<sup>2</sup> na redukci emisí oxidu uhličitého<sup>3</sup> nutí výrobce automobilů k vyvíjení nových technologií vedoucích k výrazně nižší produkci CO<sub>2</sub>. Dle EPA<sup>4</sup> (2018) produkuje tradiční osobní vozidlo, využívající jako palivo benzín anebo motorovou naftu jako palivo, přibližně 4,6 tuny CO<sub>2</sub> za rok, v závislosti na volbě pohonných hmot, spotřeby paliva a počtu ujetých kilometrů. Mezi způsoby jak v budoucnosti docílit nižšího čísla produkce emisí a nevyčerpat celosvětově se snižující zásoby ropy, je využití

---

<sup>1</sup> Průmysl 4.0, původně projekt německé vlády (Vaněček & Pech, 2018).

<sup>2</sup> Evropský parlament schválil snížení produkce CO<sub>2</sub> od roku 2030 o 40 % než je stanovená norma (9 g CO<sub>2</sub>/km) pro rok 2021 (Dvořák, 2018).

<sup>3</sup> Dále jako CO<sub>2</sub>

<sup>4</sup> Zkratka z anglického *U.S. Environmental Protection Agency*

alternativních zdrojů pohonu. Ekologii a udržování životního prostředí se dále v bakalářské práci věnuje podrobněji kapitola 4.1.

Následující tabulka stručně demonstruje výhody a nevýhody alternativních paliv, která by v budoucnosti mohla nahradit tradiční vozy se spalovacím motorem. Z důvodu soudobého masivního nástupu elektromobilů na trh a velké podpory, které se jim dostává i ze strany státní regulace, se bakalářská práce zabývá především tímto alternativním způsobem pohonu motorových vozidel a jeho rolí v budoucnosti mobility.

Veškeré údaje v tabulce jsou porovnávány k benzínovému palivu, podrobněji se nákladům vozů se spalovacím motorem a elektromotorem věnuje kapitola 4.2.

*Tabulka 1: Přehled alternativních typů pohonu, výhody a nevýhody jsou vztaženy k benzínovému palivu*

<b>Energie pohonu a specifika</b>		<b>Výhody</b>	<b>Nevýhody</b>
Elektřina	elektromobil	Nižší produkce emisí, nízká hladina hluku, nižší servisní náročnost, nižší provozní náklady, jednoduchá konstrukce	Omezený dojezd, vyšší výrobní cena, delší doba nabíjení akumulátoru, omezený počet nabíjecích stanic
	hybrid	Nižší produkce emisí, nízká hladina hluku, nižší spotřeba, nižší provozní náklady	Vyšší pořizovací cena, vyšší hmotnost vozu, částečně používá spalovací motor
	hybrid plug-in	Nižší produkce emisí, nízká hladina hluku, nižší provozní náklady	Omezený dojezd, delší doba nabíjení akumulátoru, částečně používá spalovací motor, omezený počet nabíjecích míst
Zkapalněný ropný plyn	LPG <sup>5</sup>	Nižší produkce emisí, nižší cena paliva, nižší hlučnost	Neobnovitelný zdroj energie, nižší výkon, vyšší spotřeba, vyšší hmotnost vozu, zákaz vjezdu do podzemních garáží

<sup>5</sup> Z anglického názvu *Liquefied Petroleum Gas*



Zemní plyn	LNG, CNG, GTL <sup>6</sup>	Nižší produkce emisí, nižší cena paliva	Fosilní palivo, nedostatečná zásobovací infrastruktura, vyšší hmotnost vozu
Vodík	vodík	Nižší produkce emisí (pouze vodní pára), nevyčerpatelný zdroj	Ekonomicky náročná výroba, nedostatečná infrastruktura čerpacích stanic, náročná přeprava vodíku
Biopaliva	přímá, ve směsi s fosilními palivy	Nižší produkce emisí, obnovitelnost zdroje, možnost zužitkování bioodpadu	Ekonomicky náročná a nestabilní výroba, zanášení palivového filtru

Zdroj: Vlček, 2004; Kameš, 2004; podle Kolmanová 2015; vlastní zpracování

Významným krokem v automobilovém a technickém průmyslu je zavedení automatizace prvků řízení, které byly po staletí výlučně lidskou činností. Mezi povolání, které tak může být značně ovlivněno rozvíjejícím se Průmyslem 4.0 patří i povolání řidiče. Již současné modely vozů mají ve výbavě adaptivní tempomat či asistenční systémy schopny zaparkovat vůz, avšak budoucnost automobilového průmyslu směřuje mnohem dále: k výrobě autonomních vozidel<sup>7</sup> bez nutné přítomnosti řidiče (Fagnant & Kockelman, 2015).

Způsoby řízení automobilu lze zjednodušeně rozdělit na 3 kategorie; na tradiční manuální řízení s řidičem, který musí věnovat řízení veškerou pozornost, na částečně autonomní řízení, kdy je řidič pouze jako kontrola a v případě výzvy je schopen vozidlo převzít<sup>8</sup> a nakonec na zcela autonomní řízení, kdy se z řidiče stává pasažér a nemá vliv na řízení. Podrobně se dělení věnuje kapitola 3.2.1., která popisuje celosvětově uznávanou kategorizaci autonomních vozů podle Národního úřadu bezpečnosti dálničního provozu v USA. V současné době technologický a legislativní vývoj

<sup>6</sup> Z anglických názvů LNG = *Liquefied Natural Gas*, CNG = *Compressed Natural Gas*, GTL = *Gas to Liquids*

<sup>7</sup> Dále zkráceně AV

<sup>8</sup> V literatuře také pod pojmem semi-autonomní vůz

umožňuje provoz autonomních vozů s řidičem-kontrolorem ve vybraných státech USA, testování vozů ale probíhá i v Evropě, Asii a Austrálii.

Za předpokladu, že se tyto technologie stanou úspěšnými a dostupnými pro masový trh, mají AV potenciál nejen šetřit palivo a snižovat emise, ale také změnit stávající dopravní síť, zabránit vysokému počtu smrtelných nehod, zvýšit kapacitu silnic nebo poskytnout mobilitu starším osobám a osobám se zdravotním postižením. Tradiční vlastnictví vozu by se s nástupem zcela autonomních vozů značně omezilo a lidé by auta začali používat v rámci přepravních služeb sdílené ekonomiky. Automobil by v takovém případě mohl přijet na vyžádání zákazníka, odpadl by tedy problém garážování, hledání volných míst na parkovištích, z bývalých řidičů by se stali pasažéři, kteří by během cesty mohli pracovat na svých noteboocích, spát, jíst, číst knihy nebo sledovat filmy (Fagnant & Kockelman, 2015). Současně by pro mnoho lidí odpadla velká finanční zátěž v podobě koupě automobilu. Ačkoliv by takový vývoj část populace ocenila, další část, která automobil považuje jako součást své společenské prestiže, by se vlastnictví vozu pravděpodobně vzdát nechtěla. Více se pohledu do budoucnosti mobility věnuje kapitola 4.3.

Bakalářská práce je členěna do dvou hlavních částí. První část, zahrnující přehled literatury, je vymezena třetí kapitolou a představuje historii elektrických a autonomních vozů a hlavní bariéry sociálního a legislativního charakteru znesnadňující vývoj AV.

Druhá část, obsažena ve čtvrté kapitole, se věnuje nejvýraznějším tématům ovlivňujících budoucí vývoj mobility. Vzhledem k rozsáhlé problematice předmětu průzkumu se kapitola zabývá detailněji pouze vybranými oblastmi, které byly výše představeny. Patří mezi ně ekologie a udržování životního prostředí, porovnání nákladů a úspor u aut se zážehovým motorem a elektromotorem a posledním bodem kapitoly je pohled na nejpravděpodobnější vývoj automobilového průmyslu.

Závěr bakalářské práce shrnuje konečné výsledky získaných informací, které jsou v průběhu textu dávány do kontrastu dvou porovnání; tradičních motorových vozů s elektromobily a tradičně řízených vozů s autonomními vozy. Závěrečná analýza je doplněna diskuzí, která se vyjadřuje k budoucnosti mobility vyplývající ze zjištěných dat.

## 2. Cíl a metodika práce

Hlavním cílem závěrečné práce je odhad dopadu rozvoje automobilismu na celou společnost, jeho sociální důsledky a vliv na životní prostředí. K výsledné analýze je směřováno pomocí tří dílčích cílů.

Prvním dílčím cílem je vytvoření přehledu o ekologickém přínosu elektrických vozů oproti tradičním automobilům se spalovacím motorem.

Druhým dílčím cílem je kalkulace výhodnosti investic do vozů s elektromotorem, opět v porovnání s tradičním automobilem se spalovacím motorem.

Třetím a posledním dílčím cílem je aplikace získaných znalostí do kontextu s autonomní dopravou.

K dosažení výše vytyčeného hlavního cíle i cílů dílčích jsou zvoleny kvantitativní výzkumné metody; přehledová studie (Vojtíšek, 2012) a metoda komparativní (Machi & McEvoy, 2012). Přehledová studie představuje vytvoření přehledu o vývoji a aktuálním stavu poznání zvoleného tématu, klade důraz na studium odborných publikací, které se předmětem odborné práce zabývají (Vojtíšek, 2012). Samotná bakalářská práce vychází z dostupných literárních a internetových zdrojů, které slouží k porozumění vybrané problematiky. S ohledem na rychlý technologický vývoj a aktuálnost zvoleného tématu, se jedná především o studium relevantních kapitol z elektronických publikací v anglickém jazyce. Práce je doplněna metodou komparativní, která srovnává získané informace a výsledný výstup využívá k deskripci, k predikci nebo k prognóze zkoumaných jevů.

### 3. Přehled literatury

Zvýšená pozornost o ochranu životního prostředí vyvolává rychlý růst zájmu o elektrická vozidla<sup>9</sup>. Ta, ačkoliv se na trhu poprvé objevila téměř před 200 lety, dlouho nebyla využívána z důvodu vysokých nákladů na výrobu baterií. Díky inovaci a nové technologii produkce lithium-iontových<sup>10</sup> baterií dochází v současné době k rapidnímu poklesu jejich ceny a tak i celého vozu, který se díky snižujícím se nákladům stává dostupnější pro širší trh. Rostoucí poptávku po EV a jejich popularitu lze doložit prodanými kusy, kterých bylo 1,1 milionu během roku 2017 (*International Energy Agency*<sup>11</sup>, 2018).

Zároveň rozvoj nových technologií umožňujících provoz autonomních vozů představuje výrazné změny v dosavadním fungování dopravního systému. Lze očekávat snížení dopravní nehodovosti, dopravních kolon či obecně snížení času stráveného při přepravě. Testování autonomních automobilů již nyní probíhá na dlouhých tratích, předpokládá se, že v budoucnosti budou AV využívány firmami zabývajícími se logistikou, taxi službami, či společnostmi poskytujícími sdílení vozidel. Zavedení autonomních vozidel do běžného provozu s sebou nese i problémy z hlediska etiky robotiky, určení odpovědnosti za případné dopravní kolize, vymezení legislativy, licenčního rámce a příslušných standardů pro AV. Tyto body tedy lze označit za určité bariéry dalšího vývoje (Fagnant & Kockelman, 2015).

#### 3.1. Historie vývoje elektrických vozidel

Roku 1834 byl vynalezen první vůz poháněný elektřinou, který během následujících let zaznamenal velký rozvoj v oblasti výroby. K roku 1900 elektrické automobily tvořily třetinu veškerých vozidel na amerických silnicích a prodej zůstal silný i po několik následujících desetiletí. Navzdory tomu, objevení ropných ložisek v Texasu zapříčinilo pokles poptávky po EV a jejich následné vymizení z trhu. Ropný frakční destilát, benzín, se stal široce dostupným a levným zdrojem pohonu automobilů a motor s vnitřním spalováním se postupně stal součástí každého vozu. Roku 1935 automobily

---

<sup>9</sup> Dále zkráceně EV

<sup>10</sup> Dále zkráceně Li-Ion

<sup>11</sup> Dále zkráceně IEA (*Mezinárodní energetická agentura*)

poháněné benzínovým palivem zcela vytlačily elektromobily, které jim nestačily pro svou finanční náročnost a nízký počet mil, které dokázaly ujet na jedno nabití baterie.

V sedmdesátých letech se znovu začaly zkoumat možnosti využití vozidel s alternativním pohonem, vedené kalifornskou politikou o ochraně životního prostředí a vývoji energetických systémů s nízkým znečištěním ovzduší. Elektrická vozidla ale stále měla nevýhody v porovnání s vozidly poháněné benzínem, jejich výkon byl typicky maximálně 45 mil za hodinu a na jedno nabití dokázaly ujet pouze 40 mil. Zájem veřejnosti o elektromobily byl tedy stále nízký (*U.S. Department of Energy*, 2014).

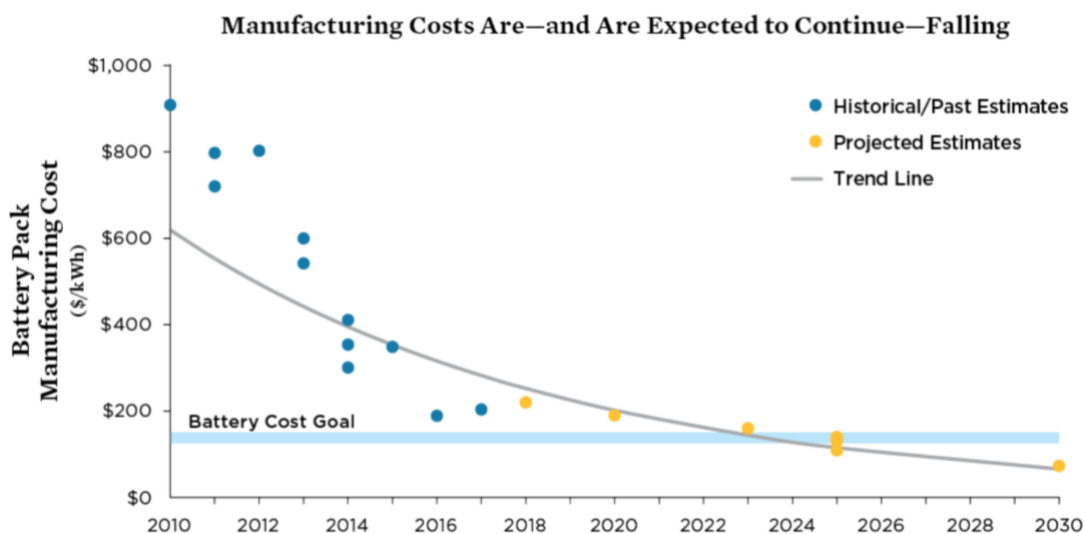
Až zákon o energetické politice z roku 1992 a nové vyhlášky týkající se emisních předpisů přispěly k obnovení zájmu o elektrická vozidla. Automobilky začaly modifikovat jednotlivé modely vozů do elektrické podoby a dokázaly u elektromobilů dosáhnout vyšší rychlosti a výkonu, které se blížily hodnotám u aut poháněných benzínem. Jednalo se tak o možnost ujet až 60 mil na jedno nabití. Vědci a inženýři motivováni zvyšujícím se zájmem o elektrické vozy intenzivně pracovali na zdokonalování dosavadních technologií a především na výzkumu výkonnější baterie. Přelomovým rokem se pro EV se stal rok 1997, kdy byl v Japonsku uveden první hromadně vyráběný hybridní elektrický vůz na světě, Toyota Prius. Roku 2000 byl Prius uveden v USA, vyvolal obrovský zájem a stal se nejlépe prodávaným hybridem za uplynulá desetiletí (Matulka, 2014). Následně v roce 2006 přišla na trh téměř neznámá firma Tesla Motors ze Silicon Valley s luxusním sportovním elektromobilem, který dokázal ujet až 200 mil<sup>12</sup> na jedno nabití a učinil tak průlom v historii elektrických vozidel. O čtyři roky později založila Tesla svůj výrobní závod a stala se největším zaměstnavatelem automobilového průmyslu v Kalifornii (*U.S. Department of Energy*, 2014).

Zvyšováním výkonnosti a životnosti Li-Ion baterií a snižováním výrobních nákladů na jejich produkci se elektrovozy staly atraktivními a dostupnými pro širokou veřejnost. Snižující se náklady na výrobu baterie, které během posledních osmi let klesly přibližně o 40 %, zaznamenává graf níže. Cena baterie následně značně podmiňuje i konečnou cenu elektrovozu. (*UCS*, 2018).

---

<sup>12</sup> 45 mil = 72 km, 40 mil = 64 km, 60 mil = 96 km, 200 mil = 320 km

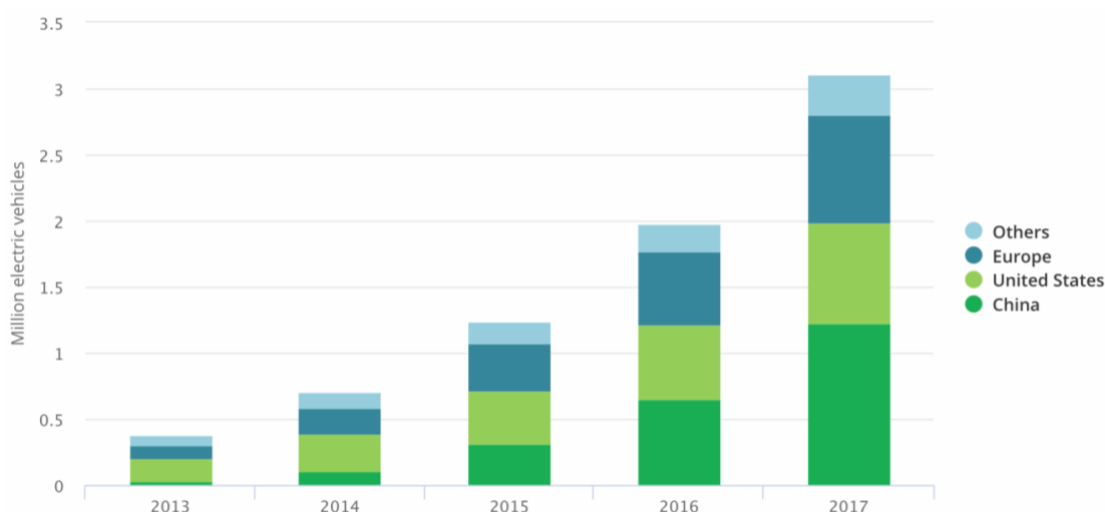
Graf 1: Trend snižující se ceny Li-Ion baterií elektrických vozidel



Zdroj: UCS, 2018

V současnosti, kdy cena benzínu stále roste a zvyšující se technologie naopak přispívá ke snižování ceny elektrických automobilů, lze pozorovat narůstající trend pořizování elektrických vozů. Dle oficiálních informací Mezinárodní energetické agentury (2018) byl roku 2017 zaznamenán rekordní počet prodaných EV (1,1 milionu kusů) a celkový počet EV přesáhl 3 miliony. Ačkoliv téměř polovina všech vozů byla prodána v Číně, v Norsku byl zaznamenán nejvyšší prodej elektromobilu na osobu (IEA, 2018).

Graf 2: Celosvětové zastoupení elektrických vozů



Zdroj: IEA, 2018

### 3.2. Historie vývoje autonomních vozidel

Roku 1926 byl v New Yorku představen první autonomní vůz na světě, Linriccan Wonder z firmy Chandler. Jednalo se o primitivní formu autonomního řízení pomocí rádiových signálů, vysílaných druhým, doprovodným, vozidlem. Autonomní vůz přijímal signály pomocí antén umístěných v zadní části automobilu a ty je dále vysílaly do elektrického obvodu vozu. Tímto způsobem byl ovládán elektromotor a pohyb AV, aniž by v něm byla nutná přítomnost řidiče.

V následujících letech firma RCA Lab ve spolupráci s General Motors představila novou technologii řízení AV pomocí elektrických obvodů zabudovaných ve vozovce. Model autonomního vozidla měl zabudované speciální rádiové přijímače a zvuková a vizuální výstražná zařízení, která dokázala simulovat řízení, zrychlovat či brzdit. Tento model automobilu byl nazván Firebird, byl představen roku 1959 a svoji testovací jízdu uskutečnil na speciálně vytvořené experimentální dálnici v Nebrasce. Dálnice měla na svých okrajích zabudované obvody, které byly schopné vysílat signály s informacemi k řízení vozu a vůz Firebird tak ovládat. Ačkoliv se během šedesátých a sedmdesátých let pracovalo na projektech zahrnujících výstavby elektricky řízených dálnic se zabudovanou kabeláží ve středových a krajních pruzích, pro jejich extrémní finanční náročnost od nich muselo být upuštěno.

Zvyšující se úroveň technologického pokroku byla dále v osmdesátých letech demonstrována na výzkumu Ernsta Dickmannse a jeho týmu na německé Univerzitě Bundeswehr v Mnichově, kteří se už nespolehali na prvky umístěné na pozemní komunikaci, ale představili první automobil řízen z paluby samotného vozu. Autonomní automobil Mercedes-Benz přijímal vizuální data a sám je dokázal vyhodnotit jako příkazy k akceleraci, brzdění či změny směru jízdy. Na tyto technologie využívající vizuální data po té zareagovaly i Spojené státy americké projektem Autonomous Land Vehicle (ALV), který byl financován agenturou DARPA spadající pod ministerstvo obrany Spojených států. Projekt ALV dosáhl velkého úspěchu, když jako první aplikoval metodu měření LiDAR<sup>13</sup>, který využíval laserové paprsky k mapování okolí. Vozidlo tak bylo schopno pohybu i v náročném nerovném terénu (Bimbraw, 2015).

---

<sup>13</sup> *Li* = světlo, *DAR* = radar, dále užíváme zavedený termín *lidar*

Základy algoritmu používaného v současné době v autonomních vozidlech položil tým z Carnegie Mellon University v Pittsburgu v roce 1989. Algoritmus fungoval na bázi neuronových sítí, které jsou i v dnešní době využívány k vývoji umělé inteligence. Automobily řízené touto technologií byly samy o sobě autonomní, avšak z hlediska bezpečnosti, brzdy a plyn stále kontrolovali lidé. Autonomní vozy byly testovány na trasách dlouhých až 5000 km, dosahovaly rychlosti do 175 km/h a až 95 % cesty dokázaly jet zcela samostatně, bez zásahu člověka (Pomerleau, 1989; Bimraw, 2015).

Za nejpokrokovější výzkumníky na poli autonomního řízení se staly společnosti Google a Tesla Motors. Google roku 2014 představil vůz Koala, který již nebyl automobilem jiné společnosti s výbavou zajišťující autonomní řízení, ale jednalo se o vlastní prototyp autonomního vozu, který byl plně elektrický. Společnost Tesla Motors ve stejný rok oznámila vydání systému AutoPilot, který po zabudování do elektromobilu Model S, byl schopen řídit vůz na bázi ultrazvukových senzorů, radaru, kamer a GPS senzorů. Veškerá data a mapování terénu pořízené během jízdy se i dnes zaznamenávají do virtuálního úložiště Tesla Cloud a jsou dostupná pro všechny uživatele systému AutoPilot. Na rozdíl od elektromobilu Koala, který stále využíval ke snímání terénu laserové paprsky lidarů, tak Elon Musk z automobilky Tesla Motors představil zcela novou technologii ve vývoji autonomní dopravy (Davies, 2018; Marr, 2018).

V roce 2015 oznámila společnost Uber spolupráci s Carnegie Mellon University a začala vytvářet své první prototypy softwarů umožňujících autonomní řízení. Flotila modelů Ford Fusion byla vybavena 20 kamerami, lasery, systémem GPS, radarem i technologií lidarů (Fitzsimmons & Johnson, 2018). Nynější hlavní cíl Uberu je umožnit v budoucnosti sdílení vozidel, během kterého nebude nutná fyzická přítomnost řidiče, ale obsluha bude čistě robotická (Harris, 2018).

V současné době se mnoho společností zabývá vývojem a zdokonalováním technologie autonomního řízení. Ta zatím nedosáhla takového pokroku, aby se vůz mohl začlenit do dopravní komunikace zcela bez dohledu řidiče. Nejvyšší dosažený stupeň autonomie je dle členění National Highway Traffic Safety Administration<sup>14</sup> klasifikován

---

<sup>14</sup> Dále uvádíme zkráceně jako NHTSA



pod úrovní 3, která vozu umožňuje samotné řízení, ale řidič musí být stále přítomen a řízení se ujmout, pokud bude vozem vyzván (*NHTSA, 2018*).

### 3.2.1. Kategorie členění automatizace podle NHTSA

Národní úřad bezpečnosti dálničního provozu v USA, National Highway Traffic Safety Administration, člení autonomní vozidla do šesti kategorií, podle úrovně jejich automatizace:

**Úroveň 0** – žádná automatizace. Řidič provádí veškeré úkony spojené s obsluhou automobilu.

**Úroveň 1** – specifické funkce automatizace. Vozidlo je částečně schopné samostatné jízdy, jedná se především o funkci adaptivního tempomatu, který umožňuje udržovat a měnit rychlost v závislosti na automobilu před ním. Řidič musí být stále připraven převzít řízení.

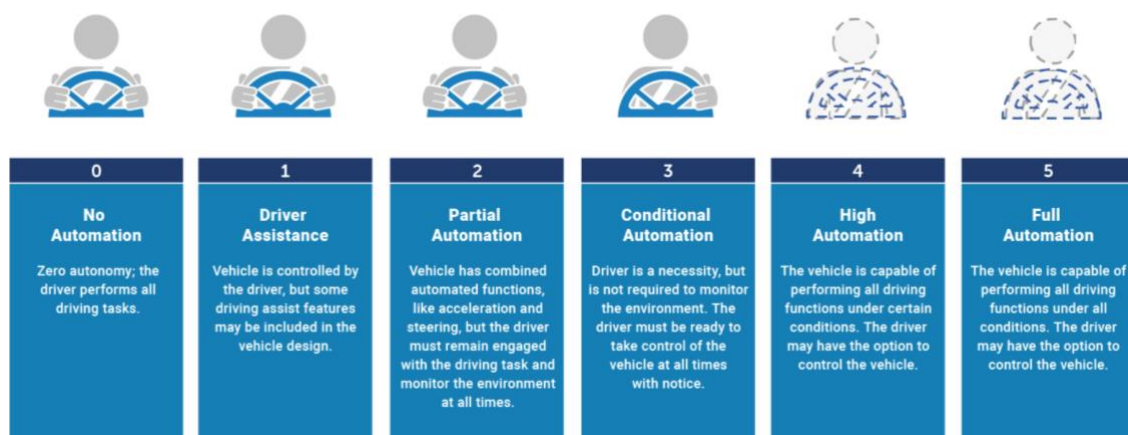
**Úroveň 2** – částečná automatizace. Vůz je schopen sám akcelarovat, brzdít i řídit směr. Řidič je ale povinen věnovat jízdě plnou pozornost a provádět úkony, které automobil sám nedokáže.

**Úroveň 3** – kombinovaná automatizace. Řidič nemusí věnovat pozornost řízení, pokud jsou splněny určité podmínky provozu a prostředí, ve kterém se vůz nachází. Vozidlo je schopné řídit autonomně, avšak pokud vyzve řidiče k převzetí kontroly, řidič tak musí ihned učinit a přejít na manuální řízení.

**Úroveň 4** – vysoká automatizace. Automobil je zcela autonomní, řidič nemusí věnovat řízení žádnou pozornost, může ale ve výjimečných situacích zasáhnout.

**Úroveň 5** – plná automatizace. Přítomnost řidiče není potřebná, vůz je schopen jet zcela sám po zadání cílové destinace. Lidé se stávají pouze cestujícími (*NHTSA, 2018*).

Obrázek 1: 6 kategorií automatizace AV



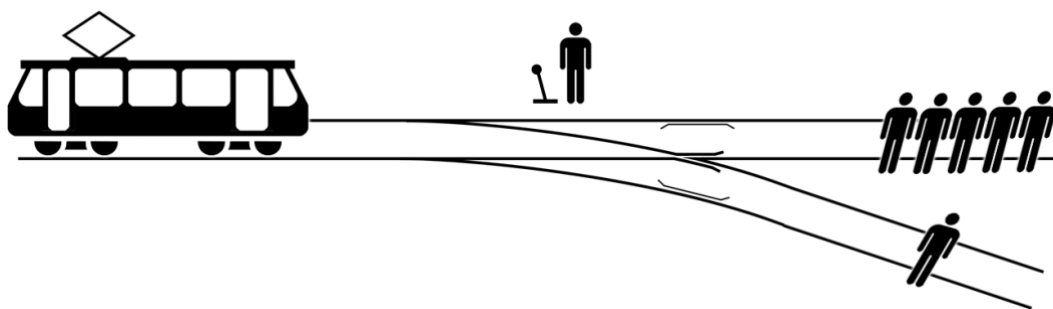
Zdroj: NHTSA, 2018

### 3.3. Bariéry dalšího rozvoje

Ačkoliv je přes 90 % dopravních nehod způsobeno lidským faktorem, kritickým dopravním situacím budou čelit i robotická vozidla páté úrovně automatizace. Autonomní vůz se bude muset v kritických dopravních situacích rozhodnout zda zachránit pasažéry na úkor chodců či naopak. Před softwarovými inženýry tak stojí obtížná otázka z hlediska etiky robotiky: jaký algoritmus do vozů naprogramovat (Bonnenon, Shariff & Rahwan, 2016).

Obecně se rozlišují dva typy rozhodování, utilitaristický a deontologický. Utilitarismus považuje za významný čin a jeho výsledek, snaží se dosáhnout největšího štěstí pro největší počet lidí. V protikladu k tomu, deontologie tvrdí, že se člověk rozhoduje podle přesně daných zásad a pokynů, nehledě na vzniklé důsledky (Alaieri & Vellino, 2016). Tyto dva směry lze demonstrovat na myšlenkovém experimentu známém jako „Trolley Problem“, představeném psychologkou Philippou Foot roku 1967, do češtiny překládaného<sup>15</sup> nejčastěji jako „Tramvajový experiment“. Jedná se o problém, kdy člověk musí rozhodnout zda nechat ujíždět vagón po kolejích, na jejichž konci stojí 5 dělníků a nevyhnutelně je tak srazí anebo jestli přehodí výhybku a vagón odkloní na vedlejší kolej, na které srazí jen jednoho člověka (Philipa Foot, 1967; podle Crockett 2016).

Obrázek 2: Tramvajový experiment



Zdroj: McGeddon, 2019

<sup>15</sup> V literatuře se dále užívají překlady: *Vozíkový problém, Tramvajové dilema*.

Dle utilitaristického hlediska aktivní čin přehození výhybky v důsledku znamená dosažení největšího dobra pro největší počet lidí. Naopak deontologické hledisko považuje přehození výhybky za špatné, jelikož se jedná vraždu člověka, i přesto, že má dobrý důsledek v zachránění pěti jiných osob (Crockett, 2016).

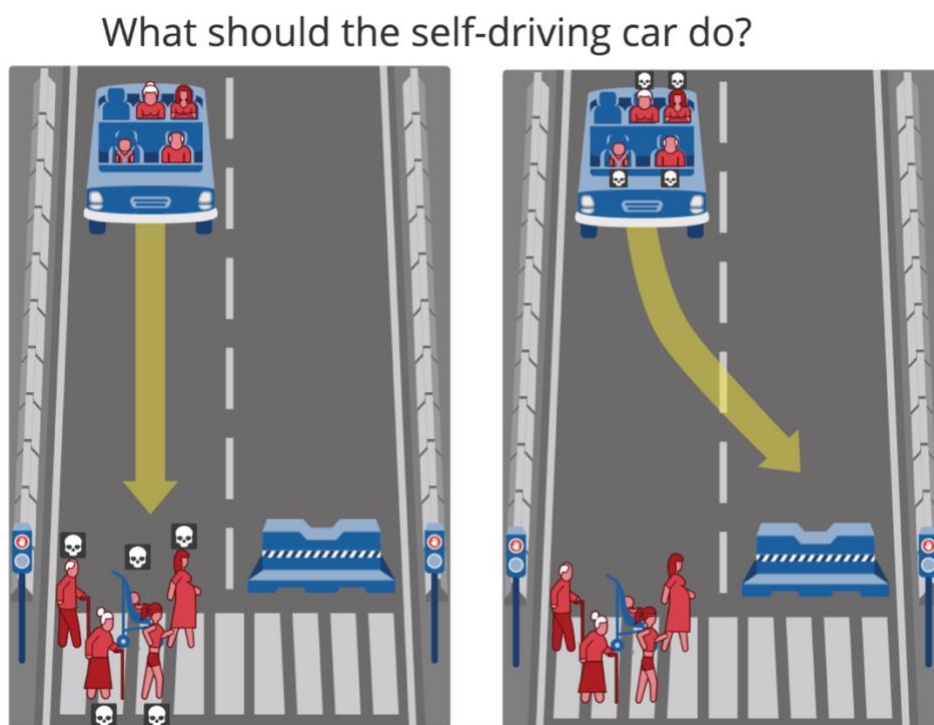
Před softwarovými inženýry tak stojí etický problém, jak autonomní vůz naprogramovat v případě nevyhnutelného nebezpečí v provozu. Na rozdíl od lidí, se stroje rozhodují konzistentně a naprogramovaný algoritmus tak funguje v každé situaci stejně. Při utilitaristické alternativě rozhodnutí by autonomní vůz vždy ochránil větší skupinu lidí před jednotlivcem, fungoval by podle koncepce „minimalizace újmy“. Z rozsáhlého průzkumu<sup>16</sup> francouzského psychologa Jeana-Francoise Bonnefona, zveřejněného roku 2016 v časopise Science, vyplývá, že většina respondentů by se přiklonila k této utilitaristické etice a rozhodla by zachránit pět životů proti jednomu.

Situace by se ale změnila, pokud by se respondenti měli rozhodovat mezi záchranou svého života (popř. svých blízkých) a života pěti cizích lidí. Dle utilitaristické etiky by totiž z hlediska automobilu bylo zcela nepodstatné že zemřel jeho majitel, pokud by bylo zachráněno pět jiných osob. Po zosobnění modelového příkladu by lidé sami umírat nechtěli a utilitaristicky by se jich rozhodlo menší množství než u příkladu, kdy onen obětovaný lidský život nebyl jejich (Bonnefon, Shariff & Rahwan, 2016, podle Černý, 2017).

---

<sup>16</sup> Do podobného vědeckého průzkumu stejného týmu psychologů se stále lze zapojit na webové stránce <http://moralmachine.mit.edu/>. Respondent online rozhoduje v sérii modelových situací jak by se měl autonomní vůz zachovat během nevyhnutelné dopravní nehody. Na konci dotazníku se respondent dozví jak si stojí v porovnání s ostatními dotazovanými.

Obrázek 3: Jeden z testových příkladů průzkumu J.F.Bonnenfona a týmu



Zdroj: *Moral Machine*, 2016

Při reálném zavedení utilitaristického konceptu do provozu, by mohlo docházet k situacím, kdy by lidé nechtěli jezdit sami v autě, aby snížili riziko vlastní smrti, na ulici by chodili ve skupinách a nejbezpečnějším dopravním prostředkem by se stal autobus plný lidí. Z pohledu „minimalizace újmy“ se pravděpodobně stále jedná o nejpříjemnější způsob rozhodování, nastává ale otázka, kdo by sobě či blízké osobě takový automobil pořídil, když mu vůz nezaručí ochranu a rozhoduje se pouze na matematickém základě počtů životů.

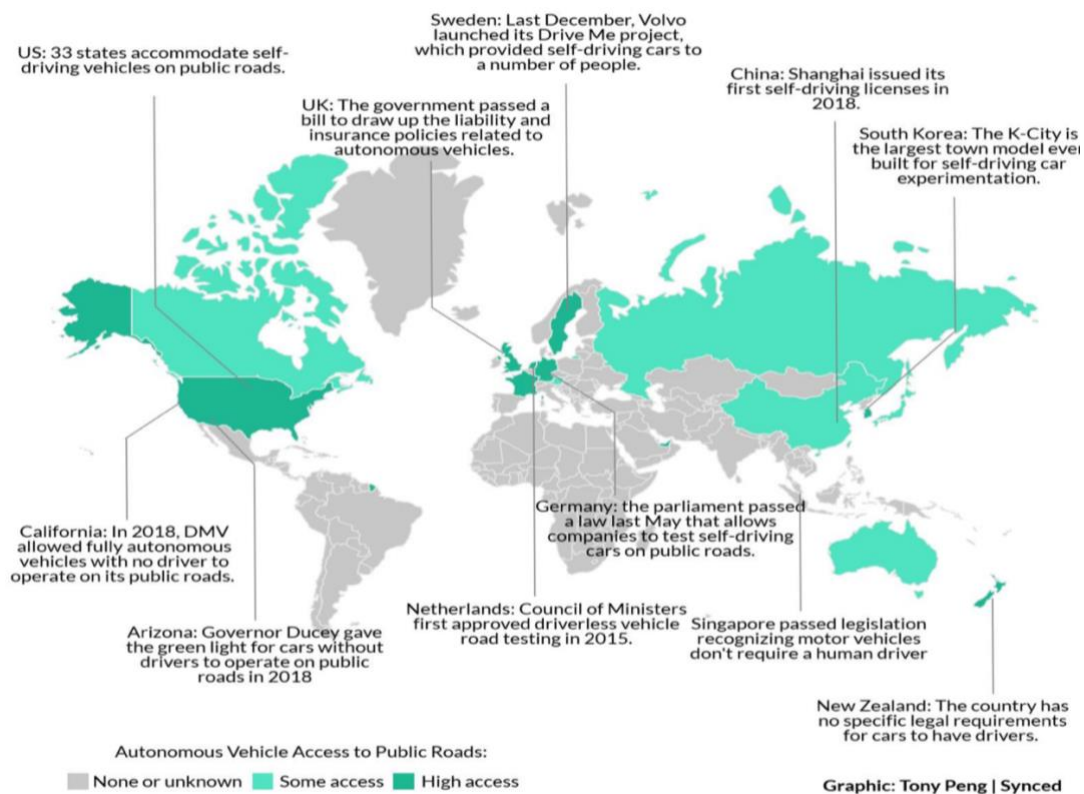
Deontologická alternativa rozhodování nabízí variantu vytvoření algoritmu pro záchranu posádky automobilu za každé okolnosti. Taková auta by si pravděpodobně chtěla koupit většina spotřebitelů, kteří by ale zároveň odsuzovali situace, ve kterých by autonomní vůz usmrtil velkou skupinu lidí kvůli záchraně své nepočetné posádky. Z pohledu veřejné prospěšnosti by bylo nemožné vytvořit algoritmus rozhodující se pouze deontologickou etikou, ale bylo by nutné aplikovat i určité prvky utilitarismu. Jaké prvky, jaké množství a v jakých situacích, by bylo nutné striktně ošetřit legislativně (Černý, 2017).

Legislativa ale současně nestačí rychlému technickému vývoji automobilového průmyslu. Největší problém představuje definování právní odpovědnosti. Soudobé pojetí přikládá veškerou odpovědnost řidiči, ta se ale se zvyšující automatizací bude přenášet na výrobce a provozovatele AV. V případě sdílení vozidel navíc spadá mezi další problémy například ochrana osobních dat, kdy bude potřeba ošetřit kdo za šifrování údajů zodpovídá a zda v plné míře ponese odpovědnost za nedostatečné zabezpečení softwaru v případě hackerských útoků (Popovici, 2018; podle Rybecký, 2018).

Přijatá Vídeňská konvence z roku 1968 svazuje mnoho zemí světa Úmluvou o silničním provozu, která například vymezuje, že každé vozidlo v pohybu musí mít řidiče a ten mít dostatečné znalosti a způsobilosti k řízení (*Úmluva o silničním provozu*, 1968). V kontextu rychlého technického vývoje autonomních vozidel a naopak liknavé legislativy vytvářejí státy vlastní předpisy umožňující alespoň testování autonomních vozidel na veřejných komunikacích. Z evropských států se jedná o Německo, Švédsko, Nizozemsko, Francii a Velkou Británii (Rybecký, 2018).

Spojené státy americké, které Vídeňskou konvenci nepřijaly, poprvé roku 2011 povolily provoz autonomních vozidel (s řidičem schopným v krizové situaci zasáhnout) ve státě Nevada. V roce 2017 byly legislativní předpisy schváleny dohromady ve 33 státech USA, v dalších státech se současně projednávají. Od roku 2017 byl v Nevadě povolen provoz plně autonomního vozidla na běžné pozemní komunikaci, o rok později dosáhly povolení také státy Kalifornie a Arizona (Shinkle, 2018).

Obrázek 4: Státy s povolením testovat či řídit AV



Zdroj: Tony Peng; podle Popovici, 2018

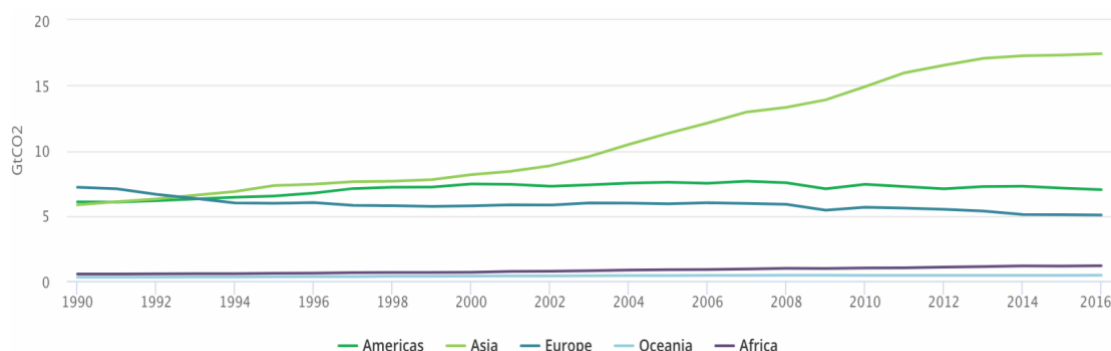
## 4. Vlastní práce

### 4.1. Ekologie a udržování životního prostředí

S nástupem industrializace v 19. století započalo značné znečišťování ovzduší vedoucí k největšímu soudobému environmentálnímu problému; změně klimatu. Spalováním fosilních paliv vznikají skleníkové plyny, které se z velké části podílejí na globálním oteplování; nejznámějším a nejvýznamnějším skleníkovým plynem je oxid uhličitý (CO<sub>2</sub>). Podle Mezinárodní energetické agentury (2018) se od roku 2000 do roku 2016 zvýšily emise CO<sub>2</sub> o 40 %.

Zvyšování produkce CO<sub>2</sub> zobrazuje následující graf, který tvorbu emisí předkládá v celosvětovém kontextu. Největším producentem emisí je Asie, která v roce 2016 dosáhla 17,4 GtCO<sub>2</sub>, což je dvojnásobek tvorby zplodin oproti Americe a trojnásobek oproti Evropě. Celková produkce emisí CO<sub>2</sub> na celém světě v roce 2016 činila 32,31 GtCO<sub>2</sub> (IEA, 2018).

Graf 3: Tvorba emisí CO<sub>2</sub> napříč lety, v celosvětovém kontextu



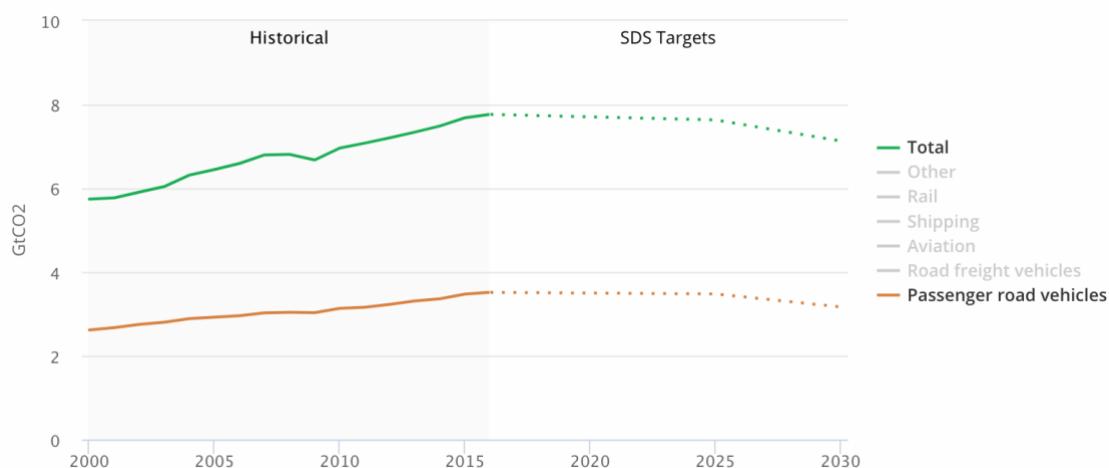
Zdroj: IEA, 2018

Dopravní sektor se téměř z jedné pětiny (7,8 GtCO<sub>2</sub>) podílí na celosvětové tvorbě emisí oxidu uhličitého (IEA, 2018). Ve snaze o nezávislost na neobnovitelných zdrojích a snížení znečištění životního prostředí se lidé snaží vyvinout nové technologie využívající alternativní zdroje k pohonu vozidel, které dokáží účinně snížit emise skleníkových a jiných výfukových plynů. Jako nejčastější náhrada benzínu a nafty se současně používá elektrický a hybridní pohon. Mezi lety 2016 a 2017 došlo k nejrychlejšímu nárůstu prodeje elektrických vozů (kap. 3.1., graf 2) a zároveň o 1,1 % klesl nárůst emisí CO<sub>2</sub> v dopravním sektoru z ročního průměru 1,7 % na 0,6 %.



Následující graf tuto skutečnost zobrazuje a zachycuje předpokládaný vývoj do roku 2030. Zelená křivka představuje veškerou dopravu, oranžová křivka osobní vozy (IEA, 2018).

Graf 4: Emise CO<sub>2</sub> v dopravě (celosvětově)



Zdroj: IEA, 2018

#### 4.1.1. Porovnání emisí CO<sub>2</sub> u automobilu se zážehovým motorem a u elektromobilu

Veškeré vozy mají tři etapy životního cyklu; etapu výroby, provozu a likvidace. V závislosti na zvoleném typu vozidla se v každé etapě produkuje rozdílné množství emisí CO<sub>2</sub> (Union of Concerned Scientists, 2018). Tato podkapitola porovnává tradiční automobil poháněný benzínem s elektrickým automobilem poháněným čistě elektrickou energií a vychází především z rozsáhlé analýzy organizace Union of Concerned Scientists<sup>17</sup>, která čerpala z dat Argonnské národní laboratoře v USA a informací vládní Agentury pro ochranu životního prostředí v USA. Veškeré výpočty jsou udány v krátkých tunách, pro které platí převod 1 krátká tuna = 0,907 metrických tun.

První etapa zahrnuje extrakci surovin (nejčastěji železa a hliníku), jejich rafinaci a transport; následně jsou suroviny použity k výrobě komponentů, ze kterých jsou sestaveny finální automobily. V průběhu výroby tradičního benzínového vozu se

<sup>17</sup> Dále zkráceně UCS

zpravidla vyprodukuje méně emisí CO<sub>2</sub> než během výroby elektrického vozu, což je zapříčiněno velkou energetickou náročností výroby lithium-iontových baterií, které elektromobily obsahují. U elektromobilu s dojezdem 84 mil je vyprodukováno přibližně o 15 % více emisí CO<sub>2</sub> více než u tradičního vozu, u EV s dojezdem 250 mil<sup>18</sup> se může jednat až o 68 % (UCS, 2018).

Během druhé etapy, kdy je vůz v provozu, nastává opačná situace. Tradiční automobil poháněný benzínem, na rozdíl od elektromobilu, produkuje emise CO<sub>2</sub> každou ujetou mílí, průměrně se jedná o 404 g CO<sub>2</sub>/mi (EPA, 2018). K celkové kalkulaci vyprodukovaného množství CO<sub>2</sub> je navíc nutné započítat i extrakci benzínu, jeho rafinaci a transport do čerpacích stanic. Dohromady se tak roční produkce emisí tradičního automobilu přibližně rovná 5 tunám CO<sub>2</sub> (UCS, 2018).

Oproti tomu, elektrické automobily žádné výfukové plyny neprodukují. Emise ale nelze označit za zcela nulové, protože EV jsou nabíjeny přes elektrickou síť, která čerpá energii ze obnovitelných zdrojů anebo fosilních paliv. Dle UCS (2018) jsou elektromobily během provozu schopny v krátké době vyrovnat vyšší procento emisí, které bylo vyprodukováno během jejich výroby. U EV s kratším dojezdem se jedná o 6 měsíců a u EV s delším dojezdem o 18 měsíců v provozu. Po uplynutí této doby, studie považuje jízdu elektromobily už pouze za ekologičtější, bez ohledu na energetický mix státu, ve kterém je vůz využíván. Roční produkce emisí elektrického automobilu se přibližně rovná 2 tunám CO<sub>2</sub>.

Přesnější míru emisí vzniklých nabíjením elektromobilů, v závislosti na využívaném zdroji energie, zaznamenává následující obrázek Spojených států amerických. Pro pohon EV je průměrně vyprodukováno stejné množství emisí skleníkových plynů jako pro tradiční automobil se spotřebou benzínu 80 mílí/galon<sup>19</sup>. Zdroj elektrické energie, který daný stát využívá, se následně projevuje vyšší anebo nižší mírou emisí CO<sub>2</sub>. Čím je ekvivalent spotřeby benzínu (udáný v MPG) vyšší, tím je produkce emisí nižší (na obrázku světle modře). Dle Ministerstva energetiky US (2018) je Vermont státem, ve kterém je nabíjení EV nejekologičtější, jelikož ropa a plyn tvoří pouze 1,2 % zdroje elektřiny a zbylá část je tvořena čistšími zdroji jako je jaderná energie, vodní energie,

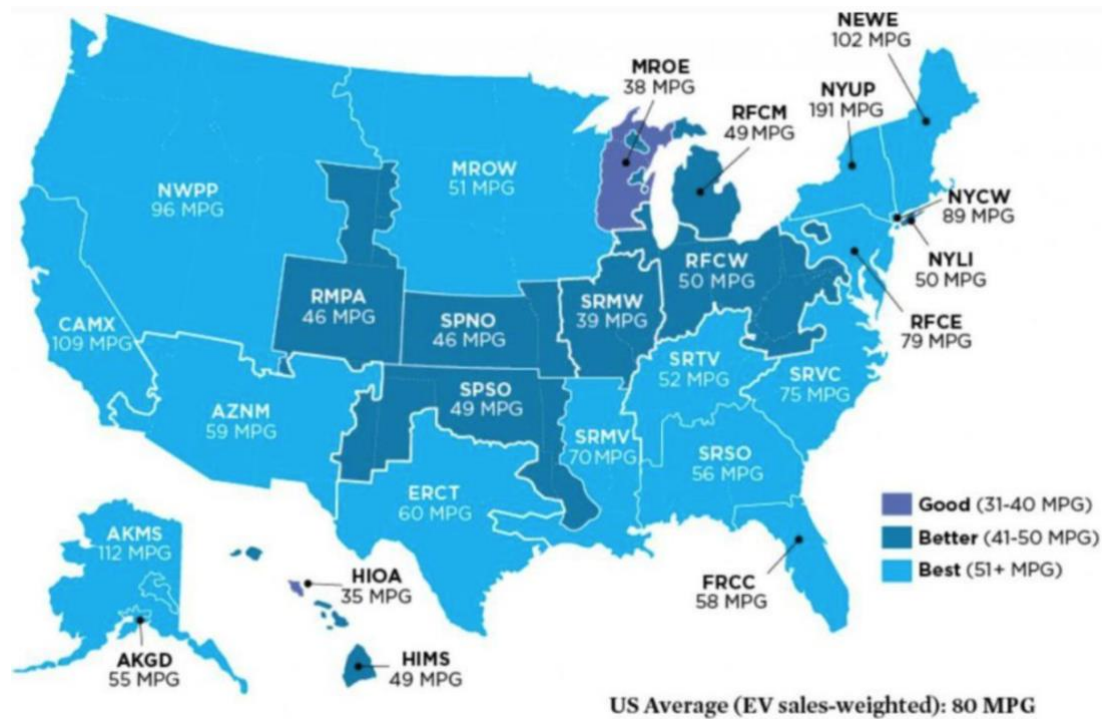
---

<sup>18</sup> 84 mi = 135km, 250 mi = 402 km

<sup>19</sup> Zkráceně MPG, 80 mi/gal = 3,5 l/100km

biomasa, větrná a solární energie. Naopak státem s nejvyššími emisemi pro pohon EV je Západní Virginie, ve které zisk energie spalováním uhlí tvoří 95,7 %<sup>20</sup>.

Obrázek 5: Produkce emisí elektromobilem v ekvivalentu spotřeby benzínu tradičním automobilem



Zdroj: UCS, 2018

Třetí životní etapa automobilu, která zahrnuje jeho konečnou likvidaci, produkuje přibližně 1 tunu emisí CO<sub>2</sub> (UCS, 2018). Toto číslo je stejné pro automobily se zážehovým motorem i pro automobily s elektromotorem, neboť náročně vyrobená Li-Ion baterie, která je součástí každého EV, může být recyklována. Obvykle se jedná o využití mimo automobilový průmysl pro účely skladování energie v rezidenčních anebo komerčních objektech, popřípadě její součásti mohou být použity na výrobu nové baterie<sup>21</sup> (Hanley, 2018).

<sup>20</sup> Webová stránka spadající pod Ministerstvo energetiky USA <https://www.fueleconomy.gov/feg/Find.do?action=bt2> nabízí svým občanům online výpočet emisí CO<sub>2</sub> na základě směrovacího čísla kde je elektromobil v provozu.

<sup>21</sup> Například firma Tesla hodlá baterie ze svých modelů vykupovat zpět, rozebírat a následně ve stejných továrnách, kde byly vytvořeny, přetvářet zpátky v nové kusy (Hanley, 2018).

Následující tabulka zaznamenává množství produkce emisí CO<sub>2</sub> během celého životního cyklu automobilu. Porovnává mezi sebou vůz se spalovacím motorem, který je poháněn benzínem a vůz s elektromotorem, který je poháněn čistě elektrickou energií.

Tabulka 2: Porovnání emisí CO<sub>2</sub> vozu s benzínovým pohonem a vozu s elektrickým pohonem během životního cyklu automobilu.

	<b>Průměrný vůz s benzínovým pohonem</b>	<b>Průměrný vůz s elektrickým pohonem</b>	<b>Poznámka</b>
<b>1. etapa (výroba)</b>	7 tun	8 tun (pro krátký dojezd)	U EV se jedná o 15-68 % větší míru znečištění, v závislosti na dojezdu EV
<b>2. etapa (provoz)</b>	50 tun	20 tun	Vztaženo na 10 let provozu
<b>3. etapa (likvidace)</b>	1 tuna	1 tuna	U EV je baterie recyklovatelná
<b>celkem</b>	58 tun	29 tun	Vztaženo na 10 let provozu

Zdroj: UCS, 2018; vlastní zpracování

Z výpočtu vyplývá, že během životního cyklu automobilu, který zahrnuje výrobu, provoz a likvidaci, je u vozů poháněných benzínem vyprodukováno dohromady 58 krátkých tun CO<sub>2</sub> a u vozů poháněných elektrickou energií 29 krátkých tun CO<sub>2</sub>. V přepočtu na jednotky SI se jedná o 52,62 a 26,31 tun CO<sub>2</sub>. Tento výpočet, který v 1. etapě počítá s variantou elektromobilu s krátkým dojezdem, dochází k výsledku, že tradiční automobil se zážehovým motorem produkuje 2x více emisí CO<sub>2</sub> než elektromobil.

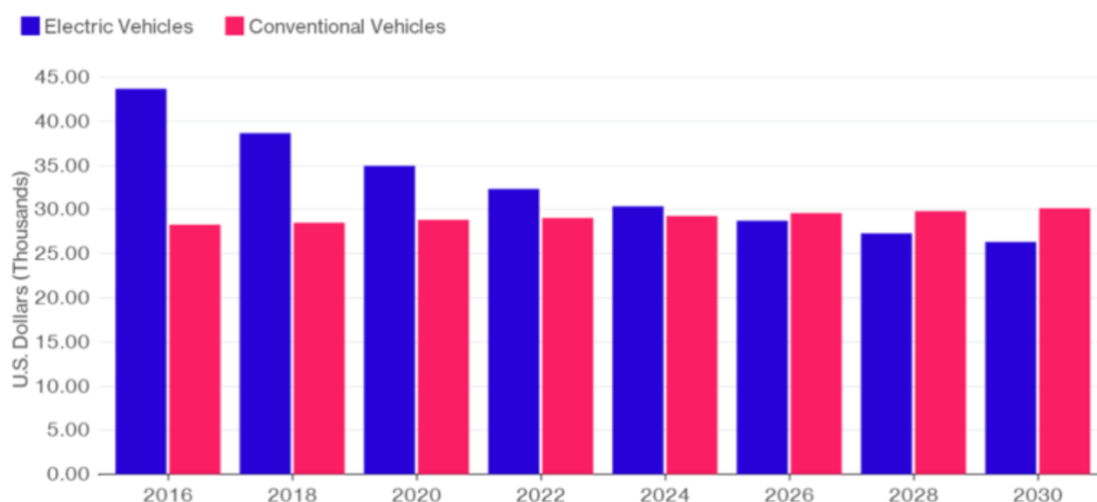
Pokud by výpočet pracoval s variantou, že v 1. etapě probíhá výroba elektromobilu s delším dojezdem, změnila by se produkce CO<sub>2</sub> během výroby až na 11,8 tun a celkový výsledek životního cyklu elektromobilu (11,8 + 20 + 1) by se rovnal 32,8 tun CO<sub>2</sub>. Při porovnání s tradičním automobilem (58 tun CO<sub>2</sub>) se stále jedná o 1,77 krát menší produkci emisí CO<sub>2</sub> elektromobily.

## 4.2. Náklady a úspory

Elektrifikace dopravního sektoru nabízí nové možnosti z pohledu výhodnosti investic při koupi automobilu. Celkové náklady na vlastnictví vozu jsou tvořeny fixními náklady pořizovacími a variabilními náklady provozními. Zatímco u tradičních automobilů se spalovacím motorem je pořizovací cena zpravidla nižší než u elektromobilů, u nákladů na provoz je situace opačná. V konečném důsledku tak může vlastnictví elektrovozu, místo tradičního automobilu, přispět k tvorbě úspor v domácnosti.

Pořizovací cena elektrického vozu je většinou vyšší než u vozu se spalovacím motorem ve stejné kategorii. Je tomu dáno především cenou baterie, která tvoří až polovinu ceny elektromobilu (Shankleman, 2019). Vzhledem ke stále snižujícím se nákladům na Li-Ion baterie (kap. 3.1., graf 1) lze očekávat i snižující se ceny EV. Dle výzkumu Bloomberg New Energy Finance (2017) by se od roku 2025 ceny elektromobilů a automobilů se spalovacím motorem měly vyrovnat a dále by pořizovací cena elektromobilů měla být nižší než u tradičních automobilů (Shankleman, 2019).

Graf 5: Vývoj pořizovací ceny elektromobilů (modře) a tradičních automobilů (růžově)



Zdroj: Bloomberg New Energy Finance, 2017; podle Shankleman, 2019

Náklady na provoz automobilu se skládají ze tří hlavních položek; nákladů na údržbu a servis vozu, cen pohonných hmot a státních dotací s případnými daňovými úlevami.

Náklady na údržbu automobilu se odvíjejí od množství komponentů ze kterých jsou složeny. Elektrické automobily mají výhodu v jednoduché konstrukci elektromotoru,

kteřý má pouze jednu pohyblivou část, rotor. Naopak spalovací motory mají pohyblivých částí desítky, což zvyšuje riziko poruchovosti a následné náklady na jejich opravu. Nároky na servis EV jsou v porovnání s tradičními automobily tedy zcela minimální, u elektromotoru odpadají náklady na výměnu motorového oleje, chladicí kapaliny, vzduchových filtrů, zapalovacích svíček anebo rozvodových řemenů, které u spalovacích motorů bývají častým důvodem servisování (*Škoda: Storyboard*, 2018). Další významnou úsporou u elektrovozů představuje rekuperační brzdění, které snižuje potřebu použití tradičního brzdového pedálu a prodlužuje tak životnost brzdových destiček elektromobilu (Douris, 2018).

Naopak v případě poruchy elektromobilů je nejnákladnější položkou výměna baterie. Ta v průběhu času ztrácí svoji maximální kapacitu a může se tak zkrátit její životnost, ačkoliv výrobci zpravidla garantují její záruku na prvních 5 až 10 let od koupě vozu (*Energy Sage*, 2019).

Další náklady spojené s provozem automobilu se pojí s cenou za pohonné hmoty. Zdrojem pohonu automobilů se spalovacím motorem může být benzín nebo nafta (pro zjednodušení se dále kalkuluje pouze s benzínem), zdrojem pohonu elektromobilů je elektrická energie, která může být získána jak z fosilních paliv tak z alternativních zdrojů. Výpočet ceny elektrické energie se značně odvíjí od místa bydliště spotřebitele a času ve kterém je vozidlo nabíjeno, průměrná cena elektřiny v USA je přibližně 12 centů za kilowatthodinu<sup>22</sup>. Při zvažování koupě elektromobilu je vhodné kalkulovat nejenom s cenou za energii, ale připočítat také cenu za domácí nabíjecí jednotku, která průměrně stojí 600 amerických dolarů (Douris, 2018).

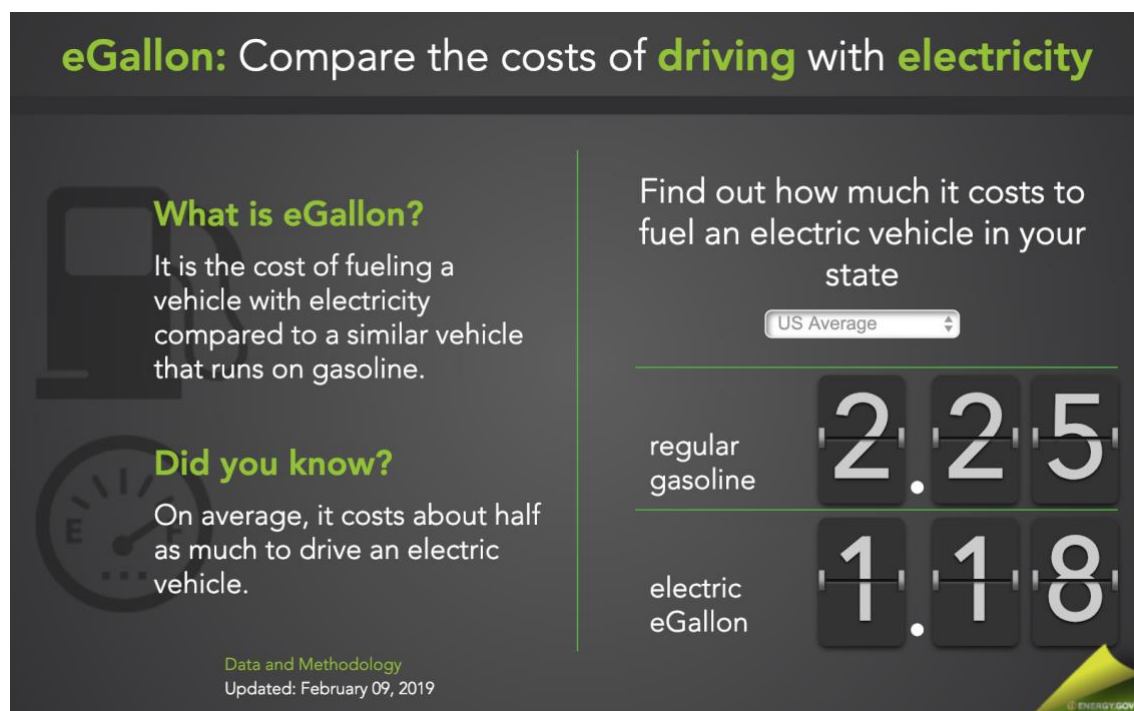
Podle Ministerstva energetiky USA (2019a) je provoz elektromobilů přibližně o polovinu úspornější než provoz vozů poháněných benzínem. Pro výpočet nákladů spotřeby paliva vytvořilo Ministerstvo nástroj eGallon, který náklady vozů na elektrický pohon ekvivalentně přepočítává na vzdálenost, kterou by podobné modely vozů se spalovacím motorem ujely na jeden galon benzínu. Kalkulačka eGallon je pravidelně aktualizovaná v čase a započítává průměrnou cenu elektřiny a průměrnou cenu benzínu

---

<sup>22</sup> Dle aktuálního kurzovního lístku ČNB 1 \$ = 22,425 Kč; tzn. 2,69 Kč/kWh. Pro srovnání, cena elektřiny v ČR je průměrně 4,1 Kč/kWh (*TBZ*, 2019).

pro každý americký stát zvlášť. Na obrázku níže vychází pro únor 2019 průměrná cena benzínu 2,25 dolarů za galon a ekvivalentně přepočítaná cena elektřiny v přepočtu na galóny vychází na 1,18 dolarů, což je 1,91 krát méně.

Obrázek 6: Kalkulačka eGallon, která přepočítává náklady za elektrickou energii na galon a dává do srovnání s náklady za benzínové palivo na galon.



Zdroj: U.S. Department of Energy, 2019

Státní dotační programy na podporu elektromobility mohou být další významnou položkou, která snižuje nejen pořizovací cenu elektromobilu, ale také jeho provozní náklady. Státní pobídky se liší v závislosti na místě pobytu spotřebitele a velmi často se mění. Americká vláda přispívá na nákup elektromobilu 2500 – 7500 dolarů s podmínkou jeho používání v USA, tento finanční benefit je zpravidla vyplácen formou daňových úlev. Nejedná se ale pouze o jednorázové dotace, které federální vláda nabízí, v závislosti na státu anebo městě lze využít i dodatečné slevy na registraci vozidel, zvýhodněný úvěr, neplacené parkování nebo možnost využívat speciální dálniční pruhy, do kterých za jiných okolností smí vjíždět pouze automobily s více pasažéry (U.S. Department of Energy, 2019b).

Následující tabulka stručně shrnuje celkové náklady (fixní + variabilní) na vlastnictví elektromobilu a udává jaké jsou výhody a nevýhody elektromobilů z hlediska nákladů oproti tradičním automobilům se spalovacím motorem.

Tabulka 3: Shrnutí výhod a nevýhod elektrických vozů oproti vozům se spalovacím motorem z hlediska celkových nákladů.

		Výhody EV	Nevýhody EV
<b>Fixní náklady</b>		V určitých státech možnost daňových úlev	Vyšší pořizovací cena
<b>Variabilní náklady</b>	<b>Údržba a servis</b>	Menší množství komponentů, které nevyžadují častý servis	Vysoké náklady na opravu v případě poruchy baterie
	<b>Cena pohonných hmot</b>	Cena elektřiny je téměř o polovinu nižší než cena benzínu	Nutnost investice do domácí nabíječky
	<b>Státní dotace</b>	Daňové zvýhodnění, úlevy, zlevněné parkování, možnost využití vysokorychlostních pruhů	V některých státech světa jsou zanedbatelné či vůbec žádné

Zdroj: vlastní zpracování, 2019

#### 4.2.1. Kalkulace celkových nákladů na automobil se zážehovým motorem a na elektromobil v České republice

Zvyšující se obliba elektromobilů je patrná především ve Spojených státech, Číně a z evropských zemí v Norsku (kap. 3.1, graf 2). Ačkoliv je Česká republika oproti jiným vyspělým zemím v oblasti elektromobility pozadu, z dat Centrálního registru vozidel vyplývá, že se zájem o elektrické automobily začíná v ČR také zvyšovat. Za rok 2018 bylo registrováno 703 nových elektrických vozů, což činí 82% nárůst oproti roku 2017, kdy vozů bylo během roku registrováno pouze 192 (*Centrum dopravního výzkumu*, 2019). Stále se ale jedná o minoritní podíl na všech registrovaných osobních automobilech. Za minulý rok bylo osobních automobilů registrováno 209 782 a podíl elektromobilů se tak rovnal pouhým 0,34 % (*MD ČR*, 2019; podle *SDA*, 2019). Celkem se odhaduje 2000 elektromobilů na českých silnicích (*ČEZ*, 2019).



Následující kalkulace celkových nákladů na vlastnictví osobního automobilu se vztahují k aktuálním podmínkám na českém trhu a porovnávají výhodnost investice mezi dvěma automobily ze střední a z luxusní třídy; automobil se zážehovým motorem a automobil s elektromotorem. Kalkulace se vztahují k 10 letům provozu automobilu, s předpokladem ročního průměrného nájezdu 15 000 km.

Fixní náklady, které jsou tvořeny pořizovací cenou vozu, jsou v případě elektromobilů zpravidla značně vyšší. V České republice v současné době nefunguje žádný dotační program pro běžné občany, který by vysokou počáteční investici alespoň částečně snížil. Pro podnikatelské subjekty ale Ministerstvo průmyslu a obchodu (MPO) zahájilo již čtvrté kolo dotací na podporu rozvoje elektromobility, při které může podnikům rozdat až 200 milionů Kč z evropských fondů. Tato dotační výzva se ale týká pouze malých, středních a velkých firem, navíc se do ní nemohou přihlásit jak společnosti z hlavního města Prahy, tak ani společnosti vlastněné obcemi nebo kraji. Jedná se zatím o největší částku, která byla na podporu elektromobility v České republice vyhrazena (MPO, 2018).

Variabilní náklady představují náklady na údržbu a servis, náklady na pohonné hmoty a také, v případě vlastnictví elektrovozu, i státní dotace. Jelikož jedinou finanční úlevou pro vlastníky elektromobilů v ČR je zlevněné parkování v Praze, v následujících kalkulacích není položka státních dotací zohledněná. Situaci má do budoucna alespoň částečně zlepšit připravovaná novela, která by elektromobilistům měla odpustit dálniční poplatky (Hořčík, 2018). Přibližné náklady na údržby automobilů jsou ve výpočtech kalkulovány podle platných ceníků autorizovaných servisů daných značek vozů. Náklady na pohonné hmoty se u automobilů se zážehovým motorem odvíjejí od ceny benzínu, která podle dostupných dat Českého statistického úřadu (2019) během posledních 10 let průměrně zdražila o 3,5 Kč/l. Následující výpočty kalkulují s aktuální průměrnou cenou benzínu Natural 95 (32,1 Kč/l) a s předpokladem, že se bude jeho cena vyvíjet následujících 10 let stejným způsobem; jeho postupné průměrné zdražování je tedy aplikováno i do výpočtů. U automobilů s elektromotorem se náklady na pohonné hmoty odvíjejí od cen za elektrickou energii, která za rok 2018 průměrně stála 4,1 Kč/kWh. Za posledních 10 let byla její cena zdražena průměrně o 0,7 Kč/kWh (TBZ, 2019), stejný trend zdražování cen energií je tedy započítán i v kalkulacích pro nacházejících 10 let.

## Př. 1. Kalkulace výhodnosti vozů střední třídy

První kalkulace celkových nákladů na vlastnictví automobilu mezi sebou porovnává dva vozy střední třídy; vůz Škoda Superb poháněný benzínovým palivem a Nissan Leaf poháněný elektrickou energií. Průměrná spotřeba benzínu u vozu Škoda Superb je 5,5 l/100km (Škoda, 2019), při ceně benzínu 32,1 Kč/l by cena paliva vycházela na 1,77 Kč/km. U Nissanu Leaf je průměrná spotřeba elektřiny 16,3 kWh/100km (EPA, 2019), při ceně elektrické energie 4,1 Kč/kWh by cena paliva vycházela na 0,67 Kč/km.

Výpočet je kalkulován na 10 let automobilu v provozu s průměrným ročním nájazdem 15 000 km, trend zvyšující se ceny paliva je do výpočtu započítán.

Tabulka 4: Porovnání nákladů na vozy střední třídy; kalkulace na 10 let provozu

	<b>Škoda Superb</b>	<b>Nissan Leaf</b>
<b>Náklady na pořízení</b>	700 000 Kč	850 000 Kč
<b>Náklady na údržbu</b>	100 000 Kč	15 000 Kč
<b>Náklady na palivo</b>	280 000 Kč	110 000 Kč
<b>Náklady celkem</b>	1 080 000 Kč	975 000 Kč

Zdroj: vlastní zpracování

## Kalkulace výhodnosti na počet ujetých kilometrů

Pro výpočet výhodnosti vozů na ujeté kilometry se rozpočítávají celkové variabilní náklady (na údržbu + palivo) na každý kilometr, který vůz za dobu své životnosti ujede (150 000km):

$$\text{Škoda Superb: } (100\,000 + 280\,000) : 150\,000 = \mathbf{2,53}$$

$$\text{Nissan Leaf: } (15\,000 + 110\,000) : 150\,000 = \mathbf{0,83}$$

Vypočtené údaje z rovnic jsou dále použity pro výpočet bodu zvratu, který v této kalkulaci udává počet kilometrů, od kterých převažuje finanční výhodnost určitého automobilu daná nižšími variabilními náklady na provoz.

Výpočet bodu zvratu:

$$700\,000 + 2,53x = 850\,000 + 0,83x$$

$$150\,000 = 1,7x$$

$$x = 88\,235$$

Výsledek výpočtu bodu zvratu udává, že po najetých 88 235 km převažuje výhodnost elektrovozu Nissanu Leaf nad vozem Škoda Superb.

### Kalkulace výhodnosti na počet let

Další porovnání výhodnosti vozů střední třídy představuje výpočet celkových nákladů na jejich vlastnictví v průběhu let. Pro přehlednost je vytvořena tabulka, která shrnuje fixní a variabilní náklady; variabilní náklady jsou uvedeny pro celou životnost vozu (10 let) a dále jsou rozpočítány na průměrnou částku na jeden rok provozu.

Tabulka 5: Porovnání fixních a variabilních nákladů v průběhu let u vozů střední třídy

	<b>Škoda Superb</b>	<b>Nissan Leaf</b>
<b>Fixní náklady</b>	700 000 Kč	850 000 Kč
<b>Variabilní náklady na 10 let provozu</b>	380 000 Kč	125 000 Kč
<b>Průměrné var. náklady na 1 rok provozu</b>	38 000 Kč	12 500 Kč

Zdroj: Vlastní zpracování

Údaje vytvořené v tabulce 5 slouží k výpočtu bodu zvratu, který udává, po kolika letech se vynaložené náklady na koupi elektromobilu vrátí. Z následujícího výpočtu je patrné, že po 5,8 letech začíná být vlastnictví elektromobilu Nissan Leaf výhodnější než vlastnictví automobilu Škoda Superb.

Výpočet bodu zvratu:

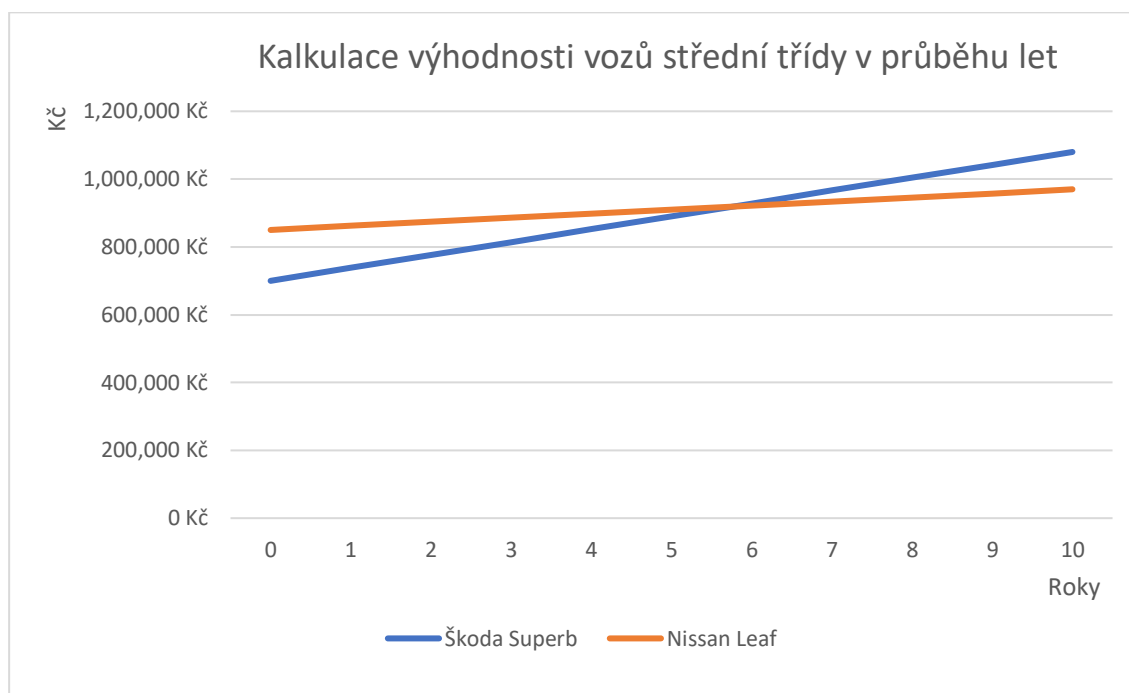
$$700\,000 + 38\,000x = 850\,000 + 12\,000x$$

$$150\,000 = 26\,000x$$

$$x = 5,8$$

Celkové náklady na oba automobily v průběhu 10 let zobrazuje následující graf. Začátek přímky je dán fixními náklady, její průběh variabilními náklady. Místo protnutí přímek je bodem zvratu, který se u zvolených vozů střední třídy rovná 5,8 letům a od kterého se provoz elektromobilu Nissan Leaf začíná vyplácet.

Graf 6: Kalkulace výhodnosti vozů střední třídy v průběhu let



Zdroj: Vlastní zpracování

## Př. 2. Kalkulace výhodnosti vozů luxusní třídy

Druhá kalkulační celkových nákladů na vlastnictví automobilu mezi sebou porovnává dva vozy luxusní třídy; vůz Audi A8 poháněný benzínovým palivem a elektromobil Tesla Model S poháněný čistě elektrickou energií. Průměrná spotřeba benzínu u vozu Audi A8 je 7 l/100km (Audi, 2019), při ceně benzínu 32,1 Kč/l by cena paliva vycházela na 2,25 Kč/km. U vozu Tesla Model S je průměrná spotřeba elektřiny 20,5 kWh/100km (Tesla, 2019), při ceně elektrické energie 4,1 Kč/kWh by cena paliva vycházela na 0,84 Kč/km.

Výpočet je kalkulován na 10 let automobilu v provozu, podmínky jsou zachovány stejné jako u předchozího výpočtu.

Tabulka 6: Porovnání nákladů na vozy luxusní třídy; kalkulace na 10 let provozu

	<b>Audi A8</b>	<b>Tesla Model S</b>
<b>Náklady na pořízení</b>	2 600 000 Kč	2 900 000 Kč
<b>Náklady na údržbu</b>	350 000 Kč	70 000 Kč
<b>Náklady na palivo</b>	350 000 Kč	160 000 Kč
<b>Náklady celkem</b>	3 300 000 Kč	3 130 000 Kč

Zdroj: Vlastní zpracování

### Kalkulace výhodnosti na počet ujetých kilometrů

Stejně jako v předchozím příkladu se pro výpočet výhodnosti vozů na ujeté kilometry rozpočítají celkové variabilní náklady na každý kilometr, který vůz za dobu své životnosti ujede.

$$\text{Audi A8: } (350\,000 + 350\,000) : 150\,000 = \mathbf{4,67}$$

$$\text{Tesla Model S: } (70\,000 + 160\,000) : 150\,000 = \mathbf{1,53}$$

Údaje se dále použijí k výpočtu bodu zvratu:

$$2\,600\,000 + 4,67x = 2\,900\,000 + 1,53x$$

$$300\,000 = 3,14x$$

$$x = 95\,541$$

Výsledek výpočtu bodu zvratu udává, že po najetých 95 541 km převažuje finanční výhodnost elektrovozu Tesla Model S nad vozem Audi A8.

### Kalkulace výhodnosti na počet let

Následující tabulka shrnuje fixní náklady na pořízení a variabilní náklady na provoz vozů Audi A8 a Tesla Model S, podmínky jsou zachovány stejné jako u předchozí kalkulace.

Tabulka 7: Porovnání fixních a variabilních nákladů v průběhu let u vozů luxusní třídy

	<b>Audi A8</b>	<b>Tesla Model S</b>
<b>Fixní náklady</b>	2 600 000 Kč	2 900 000 Kč
<b>Variabilní náklady na 10 let provozu</b>	700 000 Kč	230 000 Kč
<b>Prům. variabilní náklady na 1 rok provozu</b>	70 000 Kč	23 000 Kč

Zdroj: Vlastní zpracování

K výpočtu bodu zvratu se stejně jako v předešlé kalkulaci využívají údaje z vytvořené tabulky fixních a variabilních nákladů (tab. 7). Z následujícího výpočtu je patrné, že k bodu zvratu, který se v kategorii luxusních automobilů rovná 6,4 roků, dochází o přibližně o půl roku později než u vozů střední třídy.

Výpočet bodu zvratu:

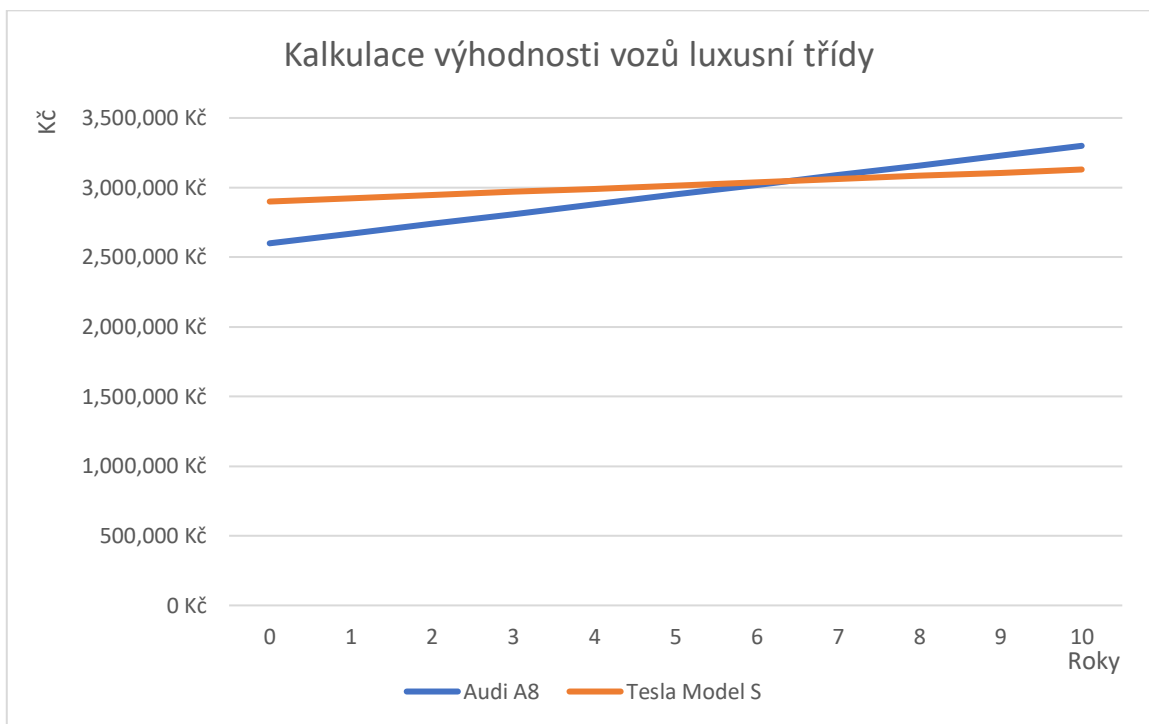
$$2\,600\,000 + 70\,000x = 2\,900\,000 + 23\,000x$$

$$300\,000 = 47\,000x$$

$$x = 6,4$$

Po 6,4 letech provozu vozů luxusní třídy dochází k bodu zvratu, kdy se koupě elektromobilu Tesla Model S začíná vyplácet oproti vozu Audi A8. Bod zvratu je v následujícím grafu označen protnutím přímk a jejich průběh znázorňuje variabilní náklady vynaložené na provoz automobilů v průběhu 10 let.

Graf 7: Kalkulace výhodnosti vozů luxusní třídy v průběhu let



Zdroj: Vlastní zpracování

### 4.3. Budoucnost automobilového průmyslu

Výrazný technický pokrok v dopravním odvětví umožnil během posledního desetiletí provoz autonomních vozů, který dle členění NHTSA již dosáhl třetí úrovně z pěti možných (kap 3.2.1.). S ohledem na současnou rychlost technického vývoje lze očekávat, že autonomní řízení v následujících letech postupně nahradí tradiční manuální řízení člověkem. K předpokladu přispívá i zvyšující se podíl městského obyvatelstva, který v současné době celosvětově tvoří 54 % a do roku 2050 by měl vzrůst až na 66 %. Urbanizace přináší problémy s přetížením dopravních komunikací, vzniklými nehodami, nedostatkem parkovacích míst a znevýhodňováním osobních automobilů v centrech. Problémy jsou i ekologického charakteru, kdy velké množství automobilů dojíždějících osob výrazně znečišťuje životní ovzduší (Chan, 2017). Autonomní automobily a jejich sdílení mají potenciál tyto problémy alespoň částečně snížit; rozdíl mezi současným modelem mobility a možným budoucím modelem mobility nastiňuje následující tabulka:

Tabulka 8: Současný a možný budoucí model mobility

<b>Charakteristika činnosti</b>	<b>Současný model</b>	<b>Budoucí model</b>
Poskytovatelé služeb	Dopravní prostředky dopr. podniku (DP), taxi	Autonomní automobily
Řešení problémů	Odd. dopravního podniku, taxi	High-tech společnosti
Způsob zadání požadavku	Stanovený jízdní řád (DP), telefonní hovory (taxi)	Mobilní aplikace
Poskytování informací	Minimální	Okamžité, aktuální v čase
Kvalita služeb	Nižší (DP), nerovnoměrně dostupná (taxi)	Vyšší, vysoce dostupná
Obchodní model	Státní dotace (DP), možný monopol (taxi)	Soukromé firmy a obchodní společnosti
Náklady na jízdu	Vysoce dotované (DP), relativně vysoké (taxi)	Mírně vyšší (vs. DP), relativně nízké (vs. taxi)

Zdroj: Chan, 2017; vlastní zpracování



#### 4.3.1. Bezpečnost

Autonomní vozidla představují zásadní revoluci v mobilitě, která bude mít dopad na životy spotřebitelů a fungování celé společnosti. Automobily plně autonomní kategorie mají potenciál zajistit bezpečnější cestování eliminací anebo minimalizací lidského faktoru, který je nejčastější příčinou dopravních nehod. Dle NHTSA je 90 % dopravních kolizí způsobeno lidskou chybou; jedná se především o nepozornost při řízení, neúměrnou rychlost jízdy, požívání alkoholu před řízením, rozptylování elektronickým příslušenstvím. Ze statistik nehodovosti vyplývá, že celosvětově bylo usmrceno 1,3 milionu osob ročně při dopravních nehodách a 50 milionů osob zraněno (WHO, 2018). V případě robotizace automobilu by tedy měla nehodovost vozů výrazně klesnout, nedocházelo by totiž k únavě řidiče, agresivnímu stylu jízdy, nedostatku zkušeností s řízením, pomalým reakcím na vzniklé situace anebo nedodržování bezpečných rozestupů mezi vozy (NHTSA, 2018).

Ačkoliv jsou zmíněné úkony pro autonomní vozy jednoduché, potýkají se s jinými problémy, které zatím nedokázaly plně nahradit lidského řidiče. Jedná se především o vizuální úkony, kdy je třeba s jistotou rozlišit objekty na dopravních komunikacích a materiály ze kterých jsou zhotoveny, důležitá je také schopnost reakce autonomních vozů na měnící se počasí. Různá velikost objektů nebo jejich rozdílný pohyb mohou značně znesnadňovat rozpoznávací funkci senzorů AV. Další komplikace mohou být způsobeny špatnými podnebními podmínkami jako je déšť, mlha, sníh, odrážející se krajina na mokré vozovce aj., kdy vůz není schopen rozeznat okolí a držet se tak na vozovce anebo ve svém jízdním pruhu. V neposlední řadě je pro autonomní vozy stále velmi obtížné rozeznat materiály předmětů, které jsou součástí dopravní komunikace anebo jsou v jejím okolí. Tato schopnost je stěžejní v případě nevyhnutelné kolize, kdy se vozidlo musí rozhodnout do kterého předmětu narazit (Fagnant & Kockelman, 2015).

V případě nevyhnutelné dopravní nehody je velmi obtížné určit jak by se měl zachovat plně autonomní vůz, který není ovládán člověkem. Této problematice se věnuje kapitola 3.3., která se zabývá i legislativními problémy AV.

#### 4.3.2. Mobilita, pohodlí

Zavedení autonomních vozů páté úrovně může v budoucnu přinést výrazné změny v dosavadním způsobu cestování. Jízda automobilem by mohla být dostupná pro děti bez nutné přítomnosti jejich rodičů, jednodušší způsob přepravy by mohli využívat i osoby se zdravotním postižením, senioři nebo lidé pod vlivem alkoholu. Řízení automobilu by se tak otevřelo i skupinám lidí, pro které by za jiných okolností bylo obtížné či nemožné. Vzhledem ke stárnoucí světové populaci by benefit v podobě větší svobody v rámci mobility pravděpodobně ocenilo mnoho osob, které by tak nemusely být omezovány během denních aktivit (Chan, 2017).

Jízda autonomními vozidly může nabídnout i komfort v podobě využití času k volnočasovým aktivitám během cestování. Pasažér by si mohl během jízdy číst, sledovat filmy, jíst, spát anebo se věnovat studiu. Ačkoliv by takové využití mnoho lidí uvítalo, existují naopak řidiči, kteří považují řízení za příjemnou činnost a nechtěli by se jí vzdát (Litman, 2018).

#### 4.3.3. Sdílená ekonomika

Zásadní rozdíl při zavedení AV do běžného provozu spočívá v rozdílném vlastnictví automobilů, které by už nebyly nadále převážně vlastněné domácnostmi, ale spíše velkými přepravními společnostmi typu Uber nebo Lyft, které by po přivolání sdílely autonomní automobily s uživateli. Usuzovat tak lze vzhledem k velkým nákladům na pořízení autonomních vozů (Litman, 2018) a také z důvodu měnícího se spotřebitelského chování, které v posledních letech přiklání spíše k vzájemnému sdílení než k vlastnění. To přináší výhody pro spotřebitele především z hlediska ušetřených nákladů na pořízení a údržbu. Z globálního hlediska spočívá výhoda sdílené ekonomiky především v menším množství vyráběných výrobků a tím ušetřených surovin a práce potřebných k jejich vzniku. Další výhodou je podstatně vyšší využití výrobku během jeho životnosti (Vaněček & Pech, 2018).

Dle Litmana (2018) lze předpokládat dva typy sdílení AV. První typ představuje soukromé vlastnictví autonomního automobilu, který by byl sdílen pouze v rámci domácnosti nebo rodiny. Druhý typ představuje flotilu autonomních vozidel, která by byla sdílena mezi různými uživateli. Soukromé vlastnictví AV by předpokládalo vysoké

investice na nákup vozu, pojištění, údržbu, garážování. Vlastnictví takového vozu by ale mělo výhodu ve vysokém komfortu, personalizaci, jistoty včasného odjezdu nebo možnosti nechávat ve voze osobní předměty. Využívání flotily autonomních vozů vlastněných velkými společnostmi by tak domácnostem ušetřilo náklady nutné na provoz a parkování vozu během dne. Výhodou sdílených AV mezi různými uživateli by byla nízká cena za dopravu a dostupnost pro každého, naopak nevýhodou určitý diskomfort, znečištění aut nebo nejistota včasného odjezdu. Dále Litman (2018) zmiňuje jako nevýhodu prázdné jízdy, které by byly uskutečňovány během vyzvedávání a vysazování různých pasažérů.

Dopad nového a pravděpodobně efektivnějšího způsobu dopravy pomocí sdílených AV by byl znatelný na zániku profesí řidičů osobních aut nebo taxikářů. S rozvojem digitalizace by se ale zvyšovala poptávka po jiných profesích, ve kterých by se lidé ze zaniklých oborů mohli naopak uplatnit (Vyhnánovský, 2016; podle Vaněček & Pech, 2018).

#### 4.3.4. Plynulost provozu

Pro efektivnější způsob dopravy se od autonomních vozů se očekává, že budou schopny komunikace mezi sebou (V2V)<sup>23</sup>, komunikace s infrastrukturou (V2I)<sup>24</sup> a během nejvyššího technického stadia i komunikace se všemi objekty (V2X)<sup>25</sup> (Fagnant & Kockelman, 2015). K takové komunikaci bude nutné mít velké množství informací o pohybu dopravních prostředků, chodců, počasí, dopravních nehodách či zpožděních, které se budou muset okamžitě zpracovávat a vyhodnocovat (Vaněček & Pech, 2018).

V případě V2X by každý semafor získával data o aktuální dopravní situaci, která by mohl ihned zasílat autonomnímu vozidlu a informovat ho jakou rychlostí jet, aby zbytečně nemusel stát na červené (Vaněček & Pech, 2018). Komunikace vozů mezi sebou by zároveň přinesla výhodu ve větší průchodnosti silnic, zvýšení kapacity vozovky, snížení rizika dopravních nehod a následně vzniklých kolon. Autonomní automobily by mezi sebou udržovaly menší rozestupy, snažily by se minimalizovat zrychlování a

---

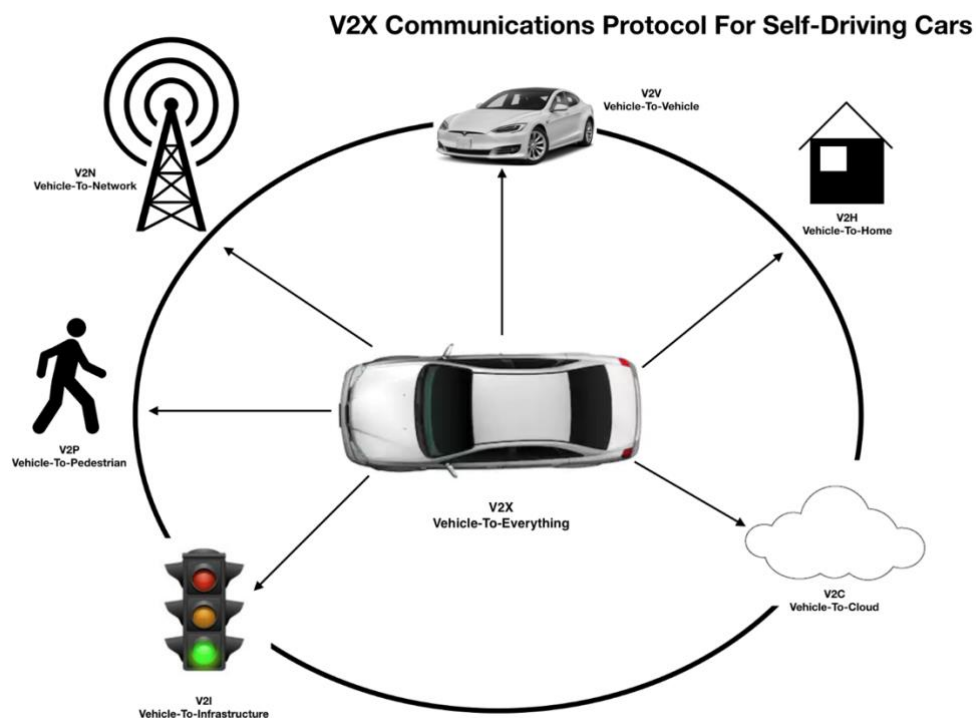
<sup>23</sup> Anglická zkratka pro *Vehicle-to-Vehicle*

<sup>24</sup> Anglická zkratka pro *Vehicle-to-Infrastructure*

<sup>25</sup> Anglická zkratka pro *Vehicle-to-Everything*

brzdění během jízdy a umožnily by tak plynulý provoz. Aby bylo možné využívat výhody plynoucí z komunikace V2X, musel by se počet AV rovnat alespoň 90 % všech vozidel. Při nižším procentuálním zastoupení by byl provoz AV značně ztížen, ne-li vyloučen (Fagnant & Kockelman, 2015).

Obrázek 7: Komunikace autonomních vozidel se všemi objekty (V2X)



Zdroj: Tabora, 2018, vlastní úprava

Plynulost provozu na dopravních komunikacích by poskytovala i výhodu ve snížené spotřebě paliva a snížených emisí CO<sub>2</sub>, dle Litmana (2018) se do budoucnosti nepředpokládá využití jiného typu pohonu, než elektrického. Výhody snížených emisí a nákladů na provoz elektrických vozů popisují kapitoly 4.1. a 4.2..

#### 4.3.5. Zabezpečení

S příchodem nových technologií, kdy autonomní vozy budou komunikovat se všemi objekty, bude narůstat riziko krádeže dat, která by mohla být zneužita počítačovými hackery, nespokojenými zaměstnanci či teroristickými organizacemi ke způsobení dopravních kolizí a narušení silničního provozu. Sdílení dat se stane nedílnou součástí fungování autonomních vozů a tak dle Fagnanta a Kockelmanové (2015) nastává pět otázek, které je nutné zodpovědět před plošným zavedením AV do provozu:

- Kdo by měl vlastnit nebo kontrolovat údaje o vozidle?
- Jaké typy dat budou uloženy?
- S kým budou data sdílena?
- Jakým způsobem budou soubory dat zpřístupněny?
- K jakým účelům budou data využita?

Vaněček a Pech (2018) dále zmiňují ztrátu soukromí, kdy se osobní data stanou veřejnou záležitostí. Data o cestování, jako jsou trasy, destinace nebo denní doby jízd by bez opory v legislativě mohly být zneužity ke špionáži, ke sledování občanů, nebo ke komerčním účelům jako je cílená reklama na jednotlivce. Při správné manipulaci s daty by ale naopak získané informace mohly pomoci projektantům silničních staveb k efektivnímu budování a zlepšování dopravních komunikací. Získaná data by také mohla pomoci vládním organizacím vybírat vhodné projekty dopravní infrastruktury a efektivně tak investovat do tohoto odvětví (Fagnant & Kockelman, 2015).

## 5. Diskuze

Přechod na elektrická vozidla bude v následujících letech formovat vývoj automobilového průmyslu. Usuzovat tak lze ze získaných dat o zvýšeném prodeji EV, snižujících se cen baterií, nižších nákladech, pozitivním dopadu na životní prostředí, snižující se závislosti na fosilních palivech a snižujícím se množstvím vypouštěných emisí oxidu uhličitého.

Rozvoj elektromobility bude vyžadovat vysoké investice do výzkumu a vývoje, změnu infrastruktury, instalaci nabíjecích stanic na dopravních komunikacích, na veřejných parkovištích a v domácnostech. Aby projekty mohly fungovat, bude za potřeby zvýšeného úsilí vládních agentur a veřejných institucí, které budou ochotny podporovat rozvoj energeticky účinných vozidel. Investice do obnovitelných zdrojů energie, které zajistí minimální produkci emisí CO<sub>2</sub> elektromobily, v budoucnosti zásadně ovlivní oblast environmentální, ekonomickou a sociální.

Snižování emisí skleníkových plynů je jedním z hlavních kroků ke zlepšení životního prostředí. Ačkoliv se Česká republika podílí pouze 0,4 % na celosvětové produkci emisí (*Global Carbon Atlas*, 2018), má smysl se toto procento snažit snižovat. V celosvětovém měřítku lze podíl ČR na znečišťování planety označit za nízký, ale v případě jeho součtu s podílem dalších menších států (byť s nízkou produkcí zplodin), není celkové procento emisí CO<sub>2</sub> v konečném důsledku zanedbatelné.

Automobilový průmysl je jedním z klíčových odvětví národního hospodářství, který se na základě technologického vývoje a modernizace neustále rozvíjí a transformuje. V České republice se automobilový průmysl podílí z 26 % na celkové průmyslové výrobě a generuje 9 % HDP (ČTK, 2019); před druhou světovou válkou patřila Československá republika mezi 10 států s nejrozvinutějším průmyslem na světě (Vaněček & Pech, 2018). Rozhodnutí české vlády neposkytovat daňová zvýhodnění při koupi elektromobilu fyzickou osobou, neinvestovat do rozvoje infrastruktury a instalace dobíjecích stanic se tedy jeví jako nerozumné. V kontextu prozápadní politiky se lze domnívat, že se jedná o zpátečnický krok proti inovacím. Rozvoj nových technologií by totiž s vládní podporou mohl v budoucnosti generovat značné zisky, tvorbu pracovních míst a celosvětových příležitostí. Bez vládní podpory se může vývoj a prodej elektromobilů značně ztížit, neboť se koncoví zákazníci nebudou chtít potýkat s vyšší počáteční cenou automobilu

nebo s problémem nedostatečného počtu nabíjecích stanic, který značně snižuje komfort cestování elektromobilem. Nedostatečná kupní síla by měla za následek stagnaci vývoje elektrických vozů.

Z provedené kalkulace nákladů na vlastnictví automobilů v kapitole 4.2.1 vyplývá, že se vlastnictví elektromobilu v ČR začíná vyplácet přibližně po šesti letech užívání. Tento údaj je značně ovlivněn absencí státních dotací, které by náklady mohly snížit. Výsledek je dále ovlivněn faktory, které v současné době nelze s určitostí předvídat, jedná se především o cenu benzínu a elektrické energie pro nadcházejících 10 let.

Další výraznou změnou v budoucnosti mobility může být plošné zavedení autonomních automobilů, které mají potenciál změnit dosavadní způsob cestování. Přínosy, které autonomní vozy nabízejí, jsou nezanedbatelné; jedná se především o zvýšení bezpečnosti přepravy eliminací lidských chyb, usnadněný způsob mobility pro skupiny bez řidičského průkazu, efektivnější způsob dopravy v důsledku snížené nehodovosti či nižší náklady na cestování v případě využívání aplikací sdílené ekonomiky.

Navzdory všem přínosům stále přetrvávají značné překážky pro implementaci plně autonomních aut. Nesourodé požadavky a předpisy jednotlivých států znesnadňují tvorbu jednotné legislativy, která by například vymezila právní rámec trestní odpovědnosti v případě havárie způsobené autonomním vozem. Automobilové koncerny již prokázaly svůj zájem o rozvoj technologií autonomního řízení miliardovými investicemi do odvětví, v současné době je tedy důležité, aby vývoj podpořily i vládní orgány vydáním národních směrnic pro certifikaci, technických norem nebo podmínek pro udělení licencí. Jako ideálním řešením se jeví zavedení jednotného dokumentu, který by byl přijat všemi státy, přičemž každý stát by mohl provést omezený počet úprav, které by vyhovovaly místním potřebám. V takovém případě by bylo jednodušší pro výrobce AV splňovat podmínky dané specifickými nároky států, než aby se snažili vyhovět celosvětovému souboru požadavků (Fagnant & Kockelman, 2015). Ačkoliv je tvorba legislativy náročným procesem a zahrnuje i mnoho etických problémů, které nelze zcela uspokojivě řešit (kap. 3.3.), je vhodné si uvědomit, že i nadměrná opatrnost činit rozhodnutí může vést ke zpomalení až zastavení technologického pokroku.

Obavy z nedostatečné bezpečnosti a technologického selhání vozů mohou být další překážkou pro zapojení autonomních vozů do běžného provozu. S postupným vývojem autonomního řízení z úrovně 3 na úroveň 5 a vysokým počátečním nákladům na vlastnictví AV se ale nepředpokládá, že by přechod na autonomní řízení byl nárazový. V počátcích plně autonomních vozů by na jejich vlastnictví pravděpodobně dosáhly pouze firmy a malé procento populace, spotřebitelé by tak měli dostatek času si na nové technologie zvykat a postupně je přijímat jako běžnou součást dopravní komunikace.



## 6. Závěr

Rozvoj automobilového průmyslu bude v budoucnosti formován především snahou o snížení závislosti na fosilních palivech, snížení emisí skleníkových plynů, podpoření hospodářského růstu a konkurenceschopnosti odvětví. Těchto záměrů může být dosaženo zaváděním vozů poháněných alternativními palivy; ze získaných dat lze předpokládat, že se bude jednat především o elektrické automobily, jejichž prodaný počet se během posledních pěti let zdesetinásobil. S ohledem na stále se snižující cenu baterie, která tvoří hlavní položku nákladů na EV, lze usuzovat, že se poptávka po elektromobilech bude stále zvyšovat. K motivaci zakoupit si vůz s elektromotorem přispívá i politika mnoha zemí, která vlastníky EV zvyhodňuje ve formě státních dotačních programů.

Výhodnost investice do elektromobilů se prokázala v kalkulaci porovnávající náklady na vlastnictví automobilu se zážehovým motorem a elektromotorem. Srovnání vozů v kategorii střední třídy se projevilo jako nepatrně výhodnější než v kategorii vozů luxusní třídy; počáteční vyšší fixní náklady na nákup elektromobilu byly v obou případech kalkulace převáženy zvyšujícími se variabilními náklady na provoz tradičního vozu se zážehovým motorem.

V kontextu rychle se vyvíjející technologie autonomního řízení a jejího přínosu pro bezpečnost a plynulost provozu, lze odhadovat, že budoucnost mobility bude spočívat v provozu autonomních automobilů, které budou poháněné elektrickou energií. Takové automobily by zahrnovaly všechny benefity elektromobilů a zároveň by měly potenciál snižovat nehodovost, snižovat problémy s nedostatkem parkovacích míst či přinést mobilitu těm, kteří nejsou schopni řízení vozidla. Z pohledu úspor nákladů na cestování by nejvýhodnějším způsobem dopravy bylo využívání služeb sdílené ekonomiky, které by v případě zavedení elektrických autonomních vozů mohly zcela změnit dosavadní způsob přepravy.

## I. Summary

Automotive and technology industries have made significant progress over past few years. Development of the automotive industry will be mainly driven by efforts to reduce dependency on fossil fuels, promote sustainability, reduce emissions and protect environment. These intentions can be achieved by bringing electric vehicles to market, which can not only have big impact on the environment, but also drastically improve cost per mile. In this paper the author compares the advantages of electric vehicle and internal combustion engine vehicle based on current societal and economic conditions.

The emergent technology of autonomous driving systems has the potential to dramatically change the future of mobility. Autonomous cars are expected to offer benefits in improved safety, accessibility for elderly and disabled, reduce cost and congestion.

The impact of bringing electric autonomous vehicles to our society, and ultimately transcending mobility will allow the world's population to move greener, cheaper, safer and thus more efficiently.

### Keywords

Electric vehicles, autonomous vehicles, cost-benefit analyses, mobility, future technologies

## II. Seznam literatury

### Literární zdroje

Alaieri, F., & Vellino, A. (2016). *Social Robotics: 8th International Conference, ICSR 2016* (2016 ed.). New York: Springer Berlin Heidelberg.

Bonnefon, J., Shariff, A., & Rahwan, I. (2016). The social dilemma of autonomous vehicles. *Science*, 352, 1573-1576.

Kolmanová, M. (2015). *Analýza nákupního chování ve vztahu k elektromobilům* (Diplomová práce). Praha.

Machi, L. A., & McEvoy, B. T. (c2012). *The literature review: six steps to success* (2nd ed). Thousand Oaks, Calif.: Corwin Press.

Úmluva o silničním provozu, 2000 § (1968). Vídeň: Sbírka zákonů České republiky.

Vaněček, D., & Pech, M. (2018). *Operační management*. České Budějovice: Jihočeská univerzita, Ekonomická fakulta.

Vojtíšek, P. (2012). *Výzkumné metody* (2012 ed.). Praha: Vyšší odborná škola sociálně právní.

### Internetové zdroje

Audi [Online]. (2019). Retrieved March 1, 2019, from <https://www.audi.cz/a8/a8/ceniky-a-katalogy>

Bimbraw, K. (2015). Autonomous cars: Past, present and future a review of the developments in the last century, the present scenario and the expected future of autonomous vehicle technology [Online]. In *IEEE Xplore*. New Jersey: IEEE. Retrieved from <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/7350466/>

CCS: Česká společnost pro platební karty [Online]. (2019). Retrieved March 01, 2019, from <https://www.ccs.cz/phm>

Centrum dopravního výzkumu [Online]. (2019). Retrieved March 01, 2019, from <https://www.cdv.cz/tisk/na-ceskych-silnicich-pribylo-letos-jiz-700-elektromobilu-a-plug-in-hybridu/>

Chan, C. -Y. (2017). *International Journal of Transportation Science and Technology* [Online]. Berkeley: Elsevier. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.ijtst.2017.07.008>

Crocket, M. (2016). The trolley problem: would you kill one person to save many others? [Online]. In *The Guardian*. London: The Guardian. Retrieved from <https://www.theguardian.com/science/head-quarters/2016/dec/12/the-trolley-problem-would-you-kill-one-person-to-save-many-others>

Český statistický úřad: Ceny pohonných hmot od roku 2001 [Online]. (2019). Retrieved March 01, 2019, from <https://www.czso.cz/csu/czso/ceny-pohonných-hmot-od-roku>

Černý, D. (2017). Autonomní auta a etika [Online]. In *Zdravotnické právo a bioetika*. Nové Město: Ústav státu a práva. Retrieved from <https://zdravotnickepravo.info/autonomni-auta-a-etika/>

Červený, K. (2016). Průmyslová revoluce 4.0, 5.0, 6.0 nebo 7.0? [Online]. In *Technický týdeník*. Business Media. Retrieved from [https://www.technickytydenik.cz/rubriky/ekonomika-byznys/prumyslova-revoluce-4-0-5-0-6-0-nebo-7-0\\_35493.html](https://www.technickytydenik.cz/rubriky/ekonomika-byznys/prumyslova-revoluce-4-0-5-0-6-0-nebo-7-0_35493.html)

ČEZ: Skupina ČEZ [Online]. (2019). Retrieved March 01, 2019, from <https://www.cez.cz/cs/pro-media/tiskove-zpravy/6471.html>

ČTK. (2019). Německo nákup elektroaut mocně dotuje, čeští občané nedostanou od státu zatím ani korunu, řekl Babiš [Online]. In *Echo24*. Praha: Echo Media. Retrieved from <https://echo24.cz/a/SejRg/nemecko-nakup-elektroaut-mocne-dotuje-cesti-obcane-nedostanou-od-statu-zatim-ani-korunu-rekl-babis>

Davies, A. (2018). The Wired Guide to Self-driving Cars [Online]. In *Wired*. San Francisco: Condé Nast. Retrieved from <https://www.wired.com/story/guide-self-driving-cars/>

Douris, C. (2018). The Bottom Line On Electric Cars: They're Cheaper To Own [Online]. In *Forbes*. New York: Forbes. Retrieved from <https://www.forbes.com/sites/constancedouris/2017/10/24/the-bottom-line-on-electric-cars-theyre-cheaper-to-own/#59af82ba10b6>

EPA: U.S. Environmental Protection Agency [Online]. (2018). Retrieved February 10, 2019, from <https://www.epa.gov/>

Fagnant, D. J., & Kockelman, K. (2015). *Preparing a nation for autonomous vehicles: opportunities, barriers and policy recommendations: Transportation Research Part A: Policy and Practice* [Online] (2015 ed.). Amsterdam: Elsevier. Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0965856415000804>

Fitzsimmons, M., & Johnson, L., (2018). Uber self-driving cars: everything you need to know [Online]. In *Techradar*. San Francisco: Future. Retrieved from <https://www.techradar.com/news/uber-self-driving-cars>

Global Carbon Atlas [Online]. (2018). In *Global Carbon Atlas*. GCP. Retrieved from <http://www.globalcarbonatlas.org/en/CO2-emissions>

Hanley, S. (2018). Electric Car Myth Buster — Well-To-Wheel Emissions [Online]. In *Clean Technica*. Sustainable Enterprises Media. Retrieved from <https://cleantechnica.com/2018/02/19/electric-car-well-to-wheel-emissions-myth/>

Harris, M. (2018). Uber Could Be First to Test Completely Driverless Cars in Public [Online]. In *IEEE Spectrum*. IEEE. Retrieved from <https://spectrum.ieee.org/cars-that-think/transportation/self-driving/uber-could-be-first-to-test-completely-driverless-cars-in-public>

Hořčík, J. (2018). Elektromobily a hybridy budou v Česku mít vlastní registrační značky a dálnice zdarma [Online]. In *Hybrid*. Chamanne. Retrieved from <http://www.hybrid.cz/elektromobily-hybridy-budou-v-cesku-mit-vlastni-registracni-znacky-dalnice-zdarma>

International Energy Agency [Online]. (2018). Retrieved February 22, 2019, from <https://www.iea.org/>

Marr, B. (2018). The Amazing Ways Tesla Is Using Artificial Intelligence And Big Data [Online]. In *Forbes*. Forbes. Retrieved from <https://www.forbes.com/sites/bernardmarr/2018/01/08/the-amazing-ways-tesla-is-using-artificial-intelligence-and-big-data/#7ae3b23a4270>

Matulka, R. (2014). The History of the Electric Car [Online]. In *US Department of Energy*. Washington DC: DOE. Retrieved from <https://www.energy.gov/articles/history-electric-car>

McGeddon. (2019). Trolley problem [Online]. In *Wikipedia: the free encyclopedia*. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation. Retrieved from [https://en.wikipedia.org/wiki/Trolley\\_problem](https://en.wikipedia.org/wiki/Trolley_problem)

Ministerstvo průmyslu a obchodu [Online]. (2018). Retrieved March 01, 2019, from <https://www.mpo.cz/cz/podnikani/dotace-a-podpora-podnikani/oppik-2014-2020/vyzvy-op-pik-2018/nizkohlukove-technologie---elektromobilita---iv--vyzva--241806/>

National Highway Traffic Safety Administration [Online]. (2018). Retrieved February 05, 2019, from <https://www.nhtsa.gov/technology-innovation/automated-vehicles-safety#issue-road-self-driving>

Pomerleau, D. A. (1989). ALVINN, an autonomous land vehicle in a neural network [Online]. In *FigShare*. Pittsburg: DOD. Retrieved from <https://doi.org/10.1184/R1/6603146.v1>

Rojík, S. (2018). Vyplatí se koupě hybridu? [Online]. In *Tipcars*. EBM. Retrieved from <https://www.tipcars.com/magazin/nase-tema/vyplati-se-koupe-hybridu.html>

- Rybecký, V. (2018). Autonomní řízení a legislativa [Online]. In *Autoweek*. Praha: Autoweek. Retrieved from <https://www.autoweek.cz/cs-tiskove-zpravy-bdovoz/cs-tiskove-zpravy-autonomni-rizeni-a-legislativa-7579>
- SDA: Svaz Dovozců Automobilů [Online]. (2019). Retrieved March 01, 2019, from <http://portal.sda-cia.cz/stat.php?v#str=vpp>
- Shankleman, J. (2019). Pretty Soon Electric Cars Will Cost Less Than Gasoline [Online]. In *Bloomberg*. New York: Bloomberg. Retrieved from <https://www.bloomberg.com/news/articles/2017-05-26/electric-cars-seen-cheaper-than-gasoline-models-within-a-decade>
- Shinkle, D. (2018). Autonomous Vehicles [Online]. Retrieved February 05, 2019, from <http://www.ncsl.org/research/transportation/autonomous-vehicles-self-driving-vehicles-enacted-legislation.aspx>
- Škoda [Online]. (2019). Retrieved March 1, 2019, from <http://www.skoda-auto.cz/nabidka/ceniky-katalogy>
- Škoda: Storyboard [Online]. (2018). Retrieved February 28, 2019, from <https://www.skoda-storyboard.com/cs/>
- Tabora, V. (2018). Improving Self-Driving Car Safety And Reliability [Online]. In *Medium*. San Francisco: Medium. Retrieved from <https://medium.com/self-driving-cars/improving-self-driving-car-safety-and-reliability-with-v2x-protocols-1408082bae54>
- Tesla [Online]. (2019). Retrieved March 1, 2019, from <https://www.tesla.com/models>
- TBZ: Info [Online]. (2019). Retrieved March 02, 2019, from <https://www.tzb-info.cz/ceny-paliv-a-energi>
- Union of Concerned Scientists [Online]. (2018). Retrieved February 22, 2019, from <https://www.ucsusa.org/>
- U.S. Department of Energy [Online]. (2014). Retrieved February 05, 2019, from <https://www.energy.gov/eere/vehicles/vehicle-technologies-office>
- U.S. Department of Energy [Online]. (2019a). Retrieved February 27, 2019, from <https://www.energy.gov/articles/egallon-what-it-and-why-it-s-important>
- U.S. Department of Energy [Online]. (2019b). Retrieved February 28, 2019, from <https://www.energy.gov/eere/electricvehicles/electric-vehicles-tax-credits-and-other-incentives>
- World Health Organization [Online]. (2018). Retrieved March 19, 2019, from <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/road-traffic-injuries>

### III. Seznam použitých zkratk

AV – Autonomní vůz/vozy

MD ČR – Ministerstvo dopravy České republiky

EPA – Environmental Protection Agency (Agentura pro ochranu životního prostředí)

EV – Elektrický vůz/vozy

IEA – International Energy Agency (*Mezinárodní energetická agentura*)

Li-Ion – Lithium-iontová

MPO – Ministerstvo průmyslu a obchodu

NHTSA – National Highway Traffic Safety Administration (*Národní úřad bezpečnosti dálničního provozu*)

UCS – Union of Concerned Scientists

WHO – World Health Organization (Světová zdravotnická organizace)

## IV. Seznam obrázků, tabulek a grafů

### Seznam obrázků

Obrázek 1: 6 kategorií automatizace AV .....	18
Obrázek 2: Tramvajový experiment.....	19
Obrázek 3: Jeden z testových příkladů průzkumu J.F.Bonnenfona a týmu .....	21
Obrázek 4: Státy s povolením testovat či řídit AV.....	23
Obrázek 5: Produkce emisí elektromobilem v ekvivalentu spotřeby benzínu tradičním automobilem.....	27
Obrázek 6: Kalkulačka eGallon, která přepočítává náklady za elektrickou energii na galon a dává do srovnání s náklady za benzínové palivo na galon. ....	31
Obrázek 7: Komunikace autonomních vozidel se všemi objekty (V2X).....	44

### Seznam tabulek

Tabulka 1: Přehled alternativních typů pohonu, výhody a nevýhody jsou vztaženy k benzínovému palivu .....	8
Tabulka 2: Porovnání emisí CO <sub>2</sub> vozu s benzínovým pohonem a vozu s elektrickým pohonem během životního cyklu automobilu. ....	28
Tabulka 3: Shrnutí výhod a nevýhod elektrických vozů oproti vozům se spalovacím motorem z hlediska celkových nákladů. ....	32
Tabulka 4: Porovnání nákladů na vozy střední třídy; kalkulace na 10 let provozu .....	34
Tabulka 5: Porovnání fixních a variabilních nákladů v průběhu let u vozů střední třídy .....	35
Tabulka 6: Porovnání nákladů na vozy luxusní třídy; kalkulace na 10 let provozu .....	37
Tabulka 7: Porovnání fixních a variabilních nákladů v průběhu let u vozů luxusní třídy .....	38
Tabulka 8: Současný a možný budoucí model mobility .....	40

### Seznam grafů

Graf 1: Trend snižující se ceny Li-Ion baterií elektrických vozidel .....	14
Graf 2: Celosvětové zastoupení elektrických vozů .....	14
Graf 3: Tvorba emisí CO <sub>2</sub> napříč lety, v celosvětovém kontextu .....	24



Graf 4: Emise CO <sub>2</sub> v dopravě (celosvětově).....	25
Graf 5: Vývoj pořizovací ceny elektromobilů (modře) a tradičních automobilů (růžově) .....	29
Graf 7: Kalkulace výhodnosti vozů střední třídy v průběhu let.....	36
Graf 8: Kalkulace výhodnosti vozů luxusní třídy v průběhu let.....	39